# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 29 JUILLET 1907,

PRÉSIDENCE DE M. A. CHAUVEAU.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PATHOLOGIE. — *Nouvelle contribution à l'étude des trypanosomiases du Haut-Niger.* Note de M. **A. Laveran.**

Par mes publications antérieures ([1]) je crois avoir démontré que l'on devait admettre l'existence des trypanosomiases animales suivantes dans le Haut-Niger : Mbori, simple variété du Surra, produite par *Trypanosoma Evansi;* Souma, dont l'agent est *Tr. Cazalboui;* Baleri, dont l'agent est *Tr. Pecaudi*.

En dehors des trypanosomes qui sont les agents de ces épizooties, j'étudie depuis quelque temps un trypanosome que j'ai trouvé chez un chien inoculé à Ségou, sur un dromadaire, et ramené en France au mois d'avril 1906 par M. Cazalbou.

Ce trypanosome, auquel j'ai donné le nom de *Tr. soudanense,* diffère manifestement des trois espèces citées plus haut.

Au point de vue morphologique, *Tr. soudanense* se rapproche de *Tr. Evansi,* mais il en diffère au point de vue de l'action pathogène sur différentes espèces animales et principalement sur les souris; d'ailleurs, une chèvre ayant acquis l'immunité pour *Tr. soudanense* s'est infectée de Mbori et une autre chèvre ayant acquis l'immunité pour la Mbori s'est infectée avec *Tr. soudanense* ([2]).

---

([1]) A. Laveran, *Comptes rendus,* 26 décembre 1905, 9 juillet 1906, 4 février 1907 et *Annales de l'Institut Pasteur,* t. XXI, 1907, p. 321.

([2]) *Annales de l'Institut Pasteur,* t. XXI, p. 351 et 352.

Contrairement à *Tr. Cazalboui*, *Tr. soudanense* est inoculable au chien, au cobaye, au rat et à la souris.

En raison de ses caractères morphologiques, *Tr. soudanense* ne peut être confondu ni avec *Tr. dimorphon*, ni avec *Tr. Pecaudi*.

Par sa morphologie, comme par sa virulence, c'est du trypanosome du Mal de la Zousfana et de El Debab que *Tr. soudanense* se rapproche le plus; l'action pathogène sur les souris est la même; chose très rare dans l'histoire des trypanosomiases, l'infection peut être très légère chez la souris et se terminer par guérison ([1]).

Les épizooties qui sont connues sous les noms de *Mal de la Zousfana* et de *El Debab* et qui ont été étudiées, la première sur des Équidés du Sud Oranais, par MM. Szewzyck et Rennes, la seconde sur des Dromadaires du Sud Algérien par MM. Sergent, sont probablement de même nature.

Pour identifier le *Tr. soudanense* et le trypanosome de ces épizooties, il était nécessaire de montrer qu'un animal ayant l'immunité pour le Mal de la Zousfana ou pour El Debab avait aussi l'immunité pour *Tr. soudanense*. Grâce au concours de M. Vallée, professeur à l'École vétérinaire d'Alfort, cette démonstration vient d'être faite. Avec une grande obligeance, M. Vallée a mis à ma disposition deux Bovidés qui avaient résisté, l'un à une inoculation du Mal de la Zousfana, l'autre à des inoculations du Mal de la Zousfana et de El Debab et qui étaient entièrement guéris de ces infections.

Voici le résumé des observations de ces animaux :

1° Une génisse, guérie de Nagana, a été inoculée avec le virus du Mal de la Zousfana; elle s'est infectée. Au mois d'avril 1907, l'animal est guéri. Le 11 avril, on injecte à deux chiens, dans le péritoine, $100^{cm^3}$ du sang de la génisse, les chiens ne s'infectent pas.

Le 3 juin 1907, on inocule la génisse sur une souris infectée de *Tr. soudanense*, ayant de nombreux parasites dans le sang; on injecte à la génisse, sous la peau, la moitié environ du sang de la souris.

Le 19 juin et le 2 juillet 1907, on injecte à deux chiens, dans le péritoine, $100^{cm^3}$ du sang de la génisse; ces deux chiens restent indemnes et des souris inoculées avec leur sang ne s'infectent pas.

2° Une génisse, guérie de Surra, a été inoculée avec les virus du Mal de la Zousfana et de El Debab. Au mois d'avril 1907, elle est complètement guérie. Le 11 avril, on injecte à deux chiens, dans le péritoine, $100^{cm^3}$ du sang de la génisse ; les chiens ne s'infectent pas.

---

([1]) *Annales de l'Institut Pasteur*, t. XXI, p. 350.

Le 3 juin 1907, la génisse est inoculée en même temps que l'autre génisse sur une souris infectée de *Tr. soudanense,* ayant de nombreux parasites dans le sang. On injecte à la génisse la moitié environ du sang de la souris.

Le 19 juin et le 2 juillet, on injecte à deux chiens, dans le péritoine, $100^{cm^3}$ du sang de la génisse. Ces deux chiens restent indemnes et des souris inoculées avec leur sang ne s'infectent pas.

En résumé, deux Bovidés, inoculés avec les virus du Mal de la Zousfana et de El Debab et bien guéris de l'infection produite par ces virus, se sont montrés complètement réfractaires à *Tr. soudanense,* d'où l'on peut conclure que le trypanosome du Mal de la Zousfana et de El Debab est vraisemblablement *Tr. soudanense.*

Les génisses avaient servi précédemment à des recherches sur le Nagana et le Surra, mais, comme *Tr. soudanense* ne peut être identifié ni à *Tr. Brucei,* ni à *Tr. Evansi,* et que, d'ailleurs, les résultats ont été les mêmes chez les deux génisses immunisées, la première contre le Nagana, la deuxième contre le Surra, cette circonstance ne diminue en rien la valeur de la démonstration.

Il est intéressant de constater que la trypanosomiase observée chez des chevaux et chez des dromadaires dans le sud de l'Algérie, existe dans le Haut-Niger; il est bien probable que l'épizootie a son foyer dans cette dernière région et qu'elle est transportée en Algérie par les caravanes venant de Tombouctou.

PATHOLOGIE. — *Au sujet du rôle de la rate dans les trypanosomiases.* Note de MM. **A. Laveran** et **Thiroux.**

Dans la dernière séance, notre président, M. Chauveau, a présenté une Note de MM. Rodet et Vallet *Sur le rôle destructeur de la rate à l'égard des trypanosomes.* Dans cette Note, les auteurs citent de nouveaux faits à l'appui de l'opinion qu'ils défendent et ils opposent ces faits à ceux que nous avons communiqués à l'Académie dans la séance du 1er juillet 1907.

Le principal argument de MM. Rodet et Vallet est tiré de la présence des noyaux libres de trypanosomes dans la rate des animaux qui succombent à des trypanosomiases. Pour démontrer l'existence de ces noyaux libres les auteurs ont adopté une nouvelle technique.

« La rate prélevée chez un animal que l'on vient de sacrifier est sectionnée; on racle délicatement la tranche avec un bistouri à lame bien tran-

chante, on dilue le produit du raclage dans une goutte d'eau salée physiologique déposée sur une lame; on étale, on sèche rapidement, puis on fixe à l'alcool absolu et l'on colore au Giemsa ([1]). »

Nous ne croyons pas que cette technique mette à l'abri des déformations des trypanosomes. Ces parasites, qui se fixent très bien dans le sang pur et frais, étalé en couche très mince et rapidement desséché, se fixent déjà moins bien dans la lymphe et dans le liquide cérébro-spinal. Les trypanosomes examinés dans le liquide cérébro-spinal des malades atteints de maladie du sommeil ont souvent, après dessiccation, un autre aspect que les trypanosomes du sang des mêmes malades. Chez les animaux très anémiés, la fixation des trypanosomes laisse souvent à désirer; à plus forte raison faut-il se défier des résultats qu'on obtient en desséchant du sang et de la pulpe splénique après mélange avec de l'eau physiologique. La dessiccation qui est retardée laisse aux altérations des trypanosomes le temps de se produire.

La technique que nous employons ([2]) nous paraît présenter plus de garanties, au point de vue de la bonne fixation des trypanosomes de la rate, que celle qui est préconisée par MM. Rodet et Vallet.

Aussitôt après la mort d'un animal infecté de trypanosomes, la rate est mise à nu; on y enfonce la pointe d'une pipette, et la goutte de liquide qui pénètre dans la pipette (sans aspiration ou après aspiration) est aussitôt étalée, desséchée et fixée par l'alcool absolu ou par l'alcool-éther, puis colorée. La rate étant généralement ramollie chez les animaux atteints de trypanosomiase, on ne recueille pas seulement du sang dans la pipette, mais aussi des éléments de la pulpe splénique en plus ou moins grand nombre.

En procédant ainsi, nous avons constaté que les trypanosomes pris dans la rate avaient les mêmes caractères que ceux d'autre provenance. Mais admettons que l'on trouve dans la rate des trypanosomes altérés en plus grand nombre qu'ailleurs; faudra-t-il en conclure que la rate a une propriété trypanolytique spéciale? Cette conclusion ne s'impose pas.

Il se peut très bien que les trypanosomes altérés trouvés dans la rate proviennent d'ailleurs et qu'ils aient été simplement arrêtés dans ce viscère, grâce aux conditions particulières dans lesquelles s'y fait la circulation du sang.

---

([1]) *Comptes rendus*, 22 juillet 1907, p. 281.
([2]) *Comptes rendus*, 1er juillet 1907, p. 16.

Chez les malades atteints de fièvre palustre, le pigment provenant de la destruction des hématozoaires s'accumule principalement dans la rate; il ne faudrait pas en conclure que la rate a la propriété de détruire ces parasites. La rate agit surtout mécaniquement en retenant les débris des hémamibes et les leucocytes mélanifères. Après l'opération de la splénectomie, le paludisme n'augmente pas de gravité, ce qui devrait arriver si, dans cette maladie, la rate avait un rôle de protection; l'infection paraît même s'atténuer chez les palustres qui ont subi la splénectomie.

Nous avons montré que l'extrait de rate n'avait pas *in vitro* les propriétés trypanolytiques qui lui ont été attribuées par MM. Rodet et Vallet; dans leur nouvelle Note, ces observateurs signalent le procédé qui suit comme permettant de constater ces propriétés. « Plaçant dans des conditions identiques le sang et la rate d'un sujet infecté, nous avons cherché, écrivent MM. Rodet et Vallet, au bout de combien de temps l'un et l'autre perdent leur pouvoir infectant. Les premiers résultats que nous avons obtenus nous montrent que la rate cesse d'être infectante bien avant le sang ([1]). »

Nous avons fait remarquer que, après la mort, la rate se rétractait et se vidait en grande partie du sang qu'elle contenait; il est donc naturel que le tissu splénique recueilli quelque temps après la mort soit moins longtemps infectant que le sang lui-même.

Il serait nécessaire d'ailleurs d'avoir des détails sur ces expériences de MM. Rodet et Vallet pour apprécier les résultats qu'ils ont obtenus.

Le fait que la destruction des trypanosomes se produit (au moins chez certaines espèces animales) sous forme de crises, est peu en rapport avec l'opinion qui attribue à la rate des propriétés trypanolytiques qui devraient s'exercer d'une façon continue et non intermittente.

Il résulte enfin des expériences que nous nous proposons de publier bientôt *in extenso* que les crises trypanolytiques se produisent chez les animaux dératés comme chez les animaux normaux.

Pour tous ces motifs, nous croyons devoir maintenir les conclusions de notre Note du 1er juillet 1907.

---

([1]) *Comptes rendus*, 22 juillet 1907, p. 283.

MÉDECINE. — *Sur le diagnostic précoce de la tuberculose par l'ophtalmo-réaction à la tuberculine.* Note de **M. A. Calmette.**

Dans une précédente Note (¹), j'ai montré que, lorsqu'on instille une goutte d'une solution à 1 pour 100 de tuberculine sèche (précipitée par l'alcool) sur la conjonctive oculaire des sujets sains, il ne se produit aucune réaction, tandis que les sujets porteurs de lésions tuberculeuses, quelles que soient la localisation et l'étendue de celles-ci, présentent constamment, de 6 à 24 heures après, une rougeur conjonctivale très caractéristique qui permet d'établir avec précision le diagnostic de tuberculose dans les cas douteux.

J'avais entrepris ces expériences dès la fin de mai 1907, à la suite de la communication de von Pirquet à la Société de Médecine de Berlin (²) sur la cuti-réaction, et elles m'avaient été suggérées par la constatation d'une réaction oculaire semblable avec le venin des serpents.

Avant que j'eusse publié mes premiers résultats, Alfred Wolf-Eissner, de Vienne, toujours à propos de la cuti-réaction de von Pirquet, annonçait le 3 juin, à la Société de Médecine de Berlin, qu'une goutte de tuberculine brute, diluée au dixième, produisait sur l'œil une réaction inflammatoire, mais qu'il ne pouvait encore rien affirmer au sujet de sa valeur diagnostique.

A la même date du 17 juin, Vallée (d'Alfort) communiquait à l'Académie des Sciences quelques essais positifs d'application de cette méthode à la recherche de la tuberculose chez les Bovidés. Il concluait que « la réaction oculaire ne présente qu'un intérêt diagnostique restreint » et que « la douleur et les conséquences qui peuvent en résulter feront écarter sa recherche en médecine humaine. »

J'inclinais au contraire à penser que l'*ophtalmo-réaction*, ainsi que je proposais de l'appeler, présente un intérêt très grand pour les cliniciens, parce que j'avais pu me convaincre, avec mes élèves Breton, G. Petit et Painblan, qu'elle est inoffensive (à la condition d'employer la tuberculine sèche précipitée par l'alcool, au lieu de la tuberculine brute glycérinée), qu'elle est facilement acceptée par les malades et qu'elle permet de déceler l'existence de lésions cliniquement insoupçonnées.

Depuis ma première Note sur ce sujet, j'ai fait, avec mes collaborateurs, un large usage de l'*ophtalmo-réaction* et près d'*un millier d'observations* m'ont

---

(¹) *Comptes rendus*, 17 juin 1907.

(²) *Deutsche medizinische Wochenschrift*, 23 mai 1907.

déjà été transmises par des médecins ou chirurgiens d'hôpitaux, tant de Paris que de province. Toutes sont concordantes et montrent que la nouvelle méthode de diagnostic s'applique avec une égale précision à toutes les formes de tuberculose. Seuls les cachectiques très avancés et moribonds ne réagissent qu'exceptionnellement.

Chez les enfants, on peut l'utiliser avec certitude pour dépister la nature tuberculeuse de lésions ganglionnaires ou osseuses, *alors qu'aucun signe clinique n'est encore apparent*. Chez l'adulte, elle éclaire le diagnostic de certaines formes particulièrement obscures, telles que le rhumatisme articulaire tuberculeux de Poncet, les néphrites tuberculeuses et les tuberculoses pulmonaires au début, bien avant qu'il existe des phénomènes de congestion avec expulsion de bacilles.

Les enfants nouveau-nés ne réagissent pas. Prouff, de Morlaix, a constaté que deux femmes tuberculeuses et récemment accouchées ont présenté la réaction, alors que leurs enfants ne la présentaient aucunement.

On peut donc vraisemblablement affirmer que ces deux enfants sont nés indemnes.

La muqueuse oculaire seule paraît susceptible de réagir ainsi vis-à-vis de la tuberculine. Cette substance, même en solution plus concentrée, ne provoque, d'après nos expériences, aucune rougeur appréciable sur la muqueuse pharyngée ni sur la muqueuse génitale chez les tuberculeux.

*L'ophtalmo-réaction* se montre dans tous les cas beaucoup plus fidèle que la *cuti-réaction* de von Pirquet dont Arami et Et. Burnet (1) ont récemment prouvé l'inconstance. Elle ne s'accompagne d'aucun trouble de la santé générale et ne produit aucune fièvre. Dans quelques cas seulement on a constaté qu'elle se prolongeait pendant plusieurs jours sans qu'il en résultât d'ailleurs aucune gêne sensible pour les malades.

Elle peut rendre manifestement les plus grands services pour effectuer le diagnostic précoce de la tuberculose chez les enfants et chez les adultes, pour sélectionner les malades curables qu'il y a lieu d'envoyer dans les sanatoriums, et pour écarter de l'armée ou de la marine les sujets porteurs de lésions latentes.

Elle permet aux œuvres de préservation contre la tuberculose de trier, avec plus de certitude encore que par l'auscultation, les enfants sains de ceux qui sont déjà contaminés, de *sauver la graine*, comme le réclamait Grancher.

---

(1) *Soc. de Biol.*, 13 juillet 1907.

Elle assure enfin, mieux qu'aucune autre méthode, le *diagnostic de la guérison* chez les anciens tuberculeux.

A ces divers titres, l'*ophtalmo-réaction* mérite d'entrer dans la pratique médicale courante. Elle doit être considérée comme un moyen d'information simple, fidèle et inoffensif.

M. **Bouquet de la Grye**, en présentant une brochure intitulée : *A short account of the russian hydrographical Survey*, s'exprime en ces termes :

Le colonel *Schokalsky*, président de section à la Société impériale russe de Géographie, m'a prié de présenter à l'Académie un fascicule qu'il vient de publier sur les travaux hydrographiques exécutés en Russie jusqu'en 1906.

Après avoir donné un aperçu historique des anciens travaux, dont les premiers remontent au règne de Pierre le Grand, il indique les modifications apportées successivement au Service géographique et présente pour chaque mer une Carte schéma où des teintes diverses montrent l'état actuel des levés et parmi eux ceux des plus récents.

La mer Baltique, le golfe de Finlande, la mer Blanche, l'océan Polaire, la mer Noire, la mer Caspienne sont ainsi figurés successivement et l'on peut ainsi juger de l'activité du Service actuel.

On sait que l'océan Pacifique a été étudié dans ces dernières années entre l'Amour et la Corée; M. Schokalsky rend ici hommage aux efforts de MM. Bolschef, Onatsevitch, Staritsky, Makaroff et Idanko qui se sont signalés par la précision de leurs travaux.

M. **Edmond Perrier** offre à l'Académie de la part de M. le professeur *Rud. Burckhardt,* Directeur du Laboratoire zoologique de Rovigno, un Mémoire sur le cerveau d'un Requin, le *Scymnus lichia,* le premier d'une importante série que l'auteur consacrera à une étude générale du cerveau des Sélaciens. Ce premier travail contient d'importants résultats; l'auteur en fait hommage à l'Académie, en souvenir des savants français qui ont tant fait pour l'anatomie comparée du système nerveux : Vicq d'Azyr, Serres, Philippeau, Vulpian, Baudelot et tant d'autres.

## NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section d'Astronomie, en remplacement de M. *Rayet*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 28,

| | | |
|---|---|---|
| M. E.-C. Pickering obtient. . . . . . . . | 27 suffrages | |
| M. Seeliger » . . . . . . . . | 1 | » |

M. **E.-C. Pickering**, ayant réuni la majorité des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Les séries IX et X de la Revue *Le Botaniste*, contenant principalement un Mémoire de M. P.-A. Dangeard sur l'*Origine du périthèce chez les Ascomycètes*, couronné par l'Académie;

2° Le *Compte rendu des séances de la première réunion de la Commission permanente de l'Association internationale de Sismologie, réunie à Rome du* 16 *au* 20 *octobre* 1906, *rédigé par le Secrétaire général* R. de Kövesligethy.

PHYSIQUE CÉLESTE. — *Sur un point de la théorie du Soleil de M. Julius.* Note de M. **Henry Bourget**, transmise par M. Émile Picard.

Dans une Communication présentée à l'Académie le 27 mai 1907 (*Comptes rendus*, t. CXLIV, p. 1147), M. Salet a fait à la théorie de Julius l'objection suivante : la lumière émise par les protubérances ayant subi, d'après cette théorie, des réfractions successives devrait être partiellement polarisée. Or l'expérience ne montre rien de semblable.

A la séance du 8 juillet 1907 (*Comptes rendus*, t. CXLV, p. 112), M. Ch. Fabry, dans une Note très intéressante, a discuté cette objection et est arrivé à la conclusion que « le passage de la lumière à travers un milieu

dont l'indice varie d'une manière progressive ne donne lieu à aucune réflexion appréciable et, par suite, à aucune polarisation ». Il s'ensuit que l'objection de M. Salet ne paraît pas fondée.

Je demanderai à l'Académie la permission de revenir brièvement sur ce point et de rappeler que la théorie de la propagation de la lumière dans un milieu hétérogène conduit à la conclusion de M. Fabry sur la non existence de la polarisation, mais directement et sans faire intervenir aucune réflexion.

Il semble, en effet, que l'introduction de telles réflexions pour expliquer la marche courbe et la polarisation possible soit simplement un mode de raisonnement analogue à celui qu'on emploie dans la théorie élémentaire et classique du mirage, et l'on peut se demander si cette introduction correspond à quelque réalité physique, dans un milieu où la vitesse de propagation varie d'une manière continue.

Je ne le pense pas pour ma part et je crois que la vraie manière de poser le problème des modifications physiques possibles est celle qui a été adoptée par M. Boussinesq dans trois belles Communications faites en 1899 à l'Académie (*Comptes rendus,* t. CXXIX, p. 794, 859 et 909).

M. Boussinesq a intégré les équations différentielles des petits ébranlements de l'éther dans l'hypothèse d'une vitesse de propagation $\omega$ variant d'une manière lente et continue avec le lieu. Ses résultats paraissent fondamentaux pour l'optique physique de tels milieux. En ne citant que ce qui a trait à la question actuelle, M. Boussinesq a montré :

Qu'un pinceau parallèle conserve, après avoir traversé des couches planes ($\omega =$ const.), sa nature de pinceau parallèle et que le mouvement transversal, s'il était polarisé au départ, reste polarisé.

Que deux pinceaux respectivement polarisés dans deux azimuts rectangulaires, comme il arrive quand il s'agit de lumière naturelle, continuent pendant leur passage dans un milieu où les surfaces $\omega =$ const. sont quelconques à cheminer ensemble et à n'en faire qu'un.

Il en résulte qu'on doit considérer, dans un pareil milieu, la marche courbe des rayons comme tout à fait normale et exempte de polarisation. Il m'a semblé que les résultats de M. Boussinesq devaient être rappelés et qu'ils s'appliquent directement à l'objection de M. Salet et aux conclusions de M. Ch. Fabry.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les représentations linéaires homogènes des groupes finis.* Note [1] de M. de Séguier, présentée par M. Jordan.

Le but de cette Note est d'apporter certaines simplifications à la théorie de M. Schur (*Cr.*, t. CXXVII et t. CXXXII) [2].

1. Soient $\mathcal{G}_0 = \{ b_1, \ldots, b_\nu, a_1, \ldots, a_\lambda, a_1^{-1}, \ldots, a_\lambda^{-1} \}$ un groupe défini par $B_j(b) = a_j \, (j = l, \ldots, m)$, $b_l^{-1} a_k b_l = a_k$, $A_i(a) = 1$ [$B_j(b)$ et $A_i(a)$ étant respectivement fonctions des $b$ et des $a$] où les $A_i = 1$ se composent des conséquences $A_{i_1} = \Pi a_k^{\alpha_{i_1 k}} = 1$ des $B_j = a_j$, $b_l^{-1} a_k b_l = a_k$ entre $a_1^{\pm 1}, \ldots, a_m^{\pm 1}$ et d'équations $A_{i_2} = 1$ exprimant que $a_{m+1}^{\pm 1}, \ldots, a_\lambda^{\pm 1}$ sont permutables à $a_1^{\pm 1}, \ldots, a_m^{\pm 1}$; $\mathcal{A}_0$ le plus petit commun multiple des $a$; $\mathcal{A}$ celui des éléments d'ordre fini de $\mathcal{A}_0$ ($\mathcal{A}$ ne dépend que de $\mathcal{G}_0 | \mathcal{A}_0 = \Gamma$ dont il est dit le *multiplicateur;* je supposerai $\Gamma$ d'ordre N fini); $\mathcal{A}_1$ un groupe d'éléments d'ordre infini tels que $\mathcal{A}_0$ soit le produit direct de $\mathcal{A}$ par $\mathcal{A}_1$. Les équations $A_{i_1} = 1$ peuvent [3] se mettre sous la forme $a_1'^{e_1} = \ldots = a_r'^{e_r} = 1$, $a_i' a_k' = a_k' a_i' \, (i, k = 1, \ldots, m$; $r \leqq m$; $\mathcal{A} = \{ a_1', \ldots, a_r' \}$ et l'on en déduit que l'on peut trouver des substitutions linéaires $b_1, \ldots, a_1$ vérifiant les équations de $\mathcal{G}_0$, $a_1, \ldots, a_\lambda$ étant des similitudes (substitutions de la forme $|kx, ky, \ldots|$) de multiplicateurs donnés vérifiant $A_i = 1$ [un tel groupe de substitutions sera dit une *hyperreprésentation de* $\Gamma$ *appartenant au système* $(a_1, \ldots, a_m)$] et que *le commutant* $\mathcal{C}$ *de* $\mathcal{G}_0$ *contient* $\mathcal{A}$ *et est premier à* $\mathcal{A}_1$.

Soient $\lambda = m$ et (ce qu'on peut toujours supposer) $B_l = b_l^{q_l}$ pour $l = 1, \ldots, \nu$. Comme les équations de $\mathcal{G}_0 | \mathcal{C}$ permettent d'exprimer $B_j^N$ par les $b_l^{q_l}$, les $a_j^N$ seront dans $\{ a_1, \ldots, a_\nu \} = \mathcal{B}$. Donc $\mathcal{A}_0 | \mathcal{B}$ est fini et le rang $m - r$ de $\mathcal{A}_1$ est $\leqq \nu$. Or considérons une hyperreprésentation de $\Gamma$ répondant au système $(\sigma_1, \ldots, \sigma_m)$ [$\sigma_j = B_j(\tau)$, les $\tau$ étant des similitudes arbitraires]. Les $\sigma$, vérifiant les mêmes équations que les $a$ (quand on regarde les $b$ comme permutables), peuvent s'exprimer comme eux par $m - r$ indéterminées. Mais, $\sigma_1 = \tau_1^{q_1}, \ldots, \sigma_\nu = \tau_\nu^{q_\nu}$ étant arbitraires, $m - r$ est $\geqq \nu$. *Donc* $m - r = \nu$. Si l'on fait $a_1 = \ldots = a_\nu = 1$, le groupe auquel se réduit $\mathcal{G}_0$ est fini et contient $\mathcal{A}$,

---

(1) Présentée dans la séance du 8 juillet 1907.

(2) Je me servirai des mêmes notations que dans mes *Éléments de la théorie des groupes abstraits* (Gauthier-Villars, 1904), auxquels je renverrai par la lettre *E.*

(3) En prenant la notation additive, cela revient à la réduction d'un système linéaire (*E.*, 205, 207).

car les équations $a_1 = \ldots = a_\nu = 1$ résolues par rapport à $a'_{i+1}, \ldots, a'_m$ doivent fournir *exactement* $m - r = \nu$ relations de la forme $a_r'^{\alpha_i} = \varphi_i(a'_1, \ldots, a'_r)$ $(i = r+1, \ldots, m)$.

2. Soient A un diviseur de $\mathcal{A}$, G un groupe de commutant C, tel que $G | A = \Gamma$, A divisant le central de G : G sera dit une *extension de* Γ *par* A, *normale* si C contient A (et alors si $A = \mathcal{A}$, G sera dit *figuratif* de Γ : ainsi $\mathcal{G}_0 | \mathcal{A}_1 = \mathcal{G}$ est un figuratif de Γ), *antinormale* si C est premier à A. Dans le dernier cas, G a des équations de la forme

$$g_i^{\nu_i} = \eta_i \zeta_i, \qquad g_i g_j = g_j g_i \eta_{ij} \zeta_{ij} \, (i, j = 1, \ldots, \sigma), \qquad g_i^{-1} \gamma_k g_i = \gamma_{ki}$$

($\gamma_k$ parcourant les générateurs de C, $\eta_i$, $\eta_{ij}$ étant dans A et $\zeta_i$, $\zeta_{ij}$, $\gamma_{ki}$ dans C) jointes à celles de A, C et à celles exprimant que A divise le central de G. En réduisant C à 1, les $g$ deviennent permutables; donc $\eta_{ij} = 1$. En réduisant A à 1, on a les équations de Γ; donc les ζ sont déterminées quand les $g$ le sont mod C. D'ailleurs, les équations de G n'établissant aucune relation entre les $\eta_i$ (*E.*, 17, 19), ils sont arbitraires. Or, en remplaçant $g_i$ par un élément de $A g_i$, $\eta_i$ est remplacé par $\eta_i \theta_i^{\nu_i}$, $\theta_i$ étant quelconque dans $A_1$ et le nombre des $\mathcal{G}$ distincts se détermine alors aisément.

3. Prenons pour Γ le $g_{p^3}$, $c^p = d^p = e^p = 1$, $e^{-1} de = dc$, $dc = cd$, $ec = ce$ ($p$ premier). $\mathcal{G}_0$ sera défini (je ferai désormais $\lambda = m$) par $c^p = \alpha$, $d^p = \xi$, $e^p = \eta$, $d^{-1} cd = ca$, $e^{-1} ce = cb$, $e^{-1} de = dc\zeta$ et les équations exprimant que $\alpha$, $\xi$, $\eta$, $\zeta$, $a$, $b$ sont normaux. Les conséquences des équations de $\mathcal{G}_0$ entre $\alpha$, $\xi$, $\eta$, $\zeta$, $a$, $b$ se réduisent, en considérant leur forme typique (*E.*, 17) et le groupe obtenu pour $\alpha = \xi = \eta = \zeta = 1$ (*E.*, 157, 150), à $a^p = b^p = \alpha\zeta^p = 1$ si $p > 2$, à $a = b = \alpha\zeta = 1$ si $p = 2$. Donc $\mu = 1$ si $p = 2$. Si $p > 2$, $\mathcal{A}$ est abélien non cyclique d'ordre $p^2$, et les figuratifs de Γ sont (*E.*, 157) tous les $g_{p^5}$ de figure (11) (1) (11) pour lesquels l'invariant Θ (*loc. cit.*) est égal à 1. On traite de même le cas où Γ est le diédral général ou un de ses figuratifs, et l'application au $g_{216}$ de Hesse est immédiate.

4. Supposons Γ abélien et $\mathfrak{B}_j = a_j$ de la forme $b_j^{q_j} = a_j$ pour $j \leqq \nu$ et de la forme $b_k^{-1} b_l b_k b_l^{-1} = a_{kl}$ (en mettant $a_{kl}$ pour $a_j$) si $j > \nu$. Des équations de la seconde forme on tire $a_{kl}^{\delta_{kl}} = 1$, $\delta_{kl}$ étant le plus grand commun diviseur de $q_k$, $q_l$. D'ailleurs les conséquences des $\mathfrak{B}_j = a_j$ entre les $a$ ne peuvent contenir que les $a_{kl}$ (*E.*, 17) et, en faisant $a_1 = \ldots = a_\nu = 1$ et en adjoignant successivement $b_1, \ldots, b_\nu$ au groupe $\mathcal{A}'$ défini par $a_{kl}^{\delta_{kl}} = 1$, $a_{kl} a_{k'l'} = a_{k'l'} a_{kl}$, on a un groupe d'ordre $N \Pi \delta_{kl}$ (*E.*, 19). Donc $\mathcal{A}' = \mathcal{A}$ (*E.*, 18) et $\mu = \Pi \delta_{kl}$.

5. Considérons le produit direct de Γ par un groupe Γ′ (pour lequel $\beta_k$, $b_k$, …, $\mathcal{G}_0$, … seront remplacés par $\beta'_k$, $b'_k$, …, $\mathcal{G}'_0$, …). Soit $\mathcal{H}_0$ le groupe

défini par les équations $B_j(b) = a_j$, $B'_j(b') = a'_j$, $b_k b'_{k'} = a''_{b_k, b'_{k'}} b'_{k'} b_k$ et celles exprimant que les $a$, les $a'$ et les $a''$ sont normaux; $\mathfrak{A}''_0$ le plus petit commun multiple des $a''$; $\mathfrak{A}''$ celui des éléments d'ordre fini de $\mathfrak{A}''_0$; $\mathfrak{K}$ un groupe déduit de $\mathfrak{K}_0$ en réduisant $\mathfrak{A}_0 \mathfrak{A}'_0 \mathfrak{A}''_0$ à $\mathfrak{A}\mathfrak{A}'\mathfrak{A}''$. En égalant à 1 les éléments de $\mathfrak{S}$ et de $\mathfrak{S}'$ on trouve que $\mathfrak{K}$ contient normalement $\mathfrak{S}\mathfrak{S}'$ et que $\mathfrak{K}|\mathfrak{S}\mathfrak{S}'$ *est une extension normale de* $\Gamma\Gamma'|KK' \equiv \mathfrak{K}|\mathfrak{A}''\mathfrak{S}\mathfrak{S}'$. On en déduit immédiatement le multiplicateur comme au n° 4.

6. Prenons enfin pour $\Gamma$ le groupe $U(2, \pi)(\pi = p^n$; $p$ premier) des substitutions $|ax + by, cx + dy|$ où $ad - bc = 1$, $a$, $b$, $c$, $d$ parcourant le champ de Galois $C_\pi$ d'ordre $\pi$. Soit G une extension normale de U par $\mathfrak{A}$ et, $\mu$ ayant la forme $p^\beta$, P un $g_{\pi p^\beta}$ de G, I un $g_{p^{\beta-1}}$ de $\mathfrak{A}$. G|I est une extension normale de $\Gamma$ par A|I. Or, le normalisant de P|I dans G|I, d'ordre $\frac{p\pi(\pi-1)}{2}$, n'existe que si $\pi = 4$ ou 9 (¹).

On en déduit à nouveau (²) comme M. Schur que tout groupe H qui a la même suite de composition que U et n'est pas produit direct coïncide avec U.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations différentielles du troisième ordre à points critiques fixes.* Note de M. **Chazy**, présentée par M. Painlevé (³).

M. Painlevé a montré que, pour la détermination des équations du troisième ordre et d'ordre supérieur dont les points critiques sont fixes, un problème préliminaire s'impose, celui de la détermination de toutes les équations de la forme

$$(1) \qquad y''' = \left(1 - \frac{1}{n}\right)\frac{y''^2}{y'^2} + b(y)y'y'' + c(y)y'^3,$$

---

(¹) *Société mathématique de France,* t. XXXIII, 1905, p. 250. Le raisonnement s'applique lorsqu'on remplace $q^n$ par un nombre quelconque premier à $p$. La fin de l'article demande quelques corrections que le lecteur fera aisément et que j'indiquerai ailleurs (en particulier, à la page 250, les $\gamma_i$, $\delta_i$ doivent jouer le rôle de $\varepsilon$, $\eta$ de la page 247).

(²) *Société mathématique de France,* t. XXXII, 1904, p. 121.

(³) Les résultats renfermés dans cette Note et dans la suivante ont été obtenus simultanément, et d'une façon tout à fait indépendante, par deux jeunes analystes : MM. Chazy et Garnier. P. Painlevé.

dont l'intégrale générale est uniforme; $n$ est un entier positif ou négatif, ou bien $n$ est infini; $b$ et $c$ sont des fonctions algébriques de $y$.

Pour $n=-2$, $b=0$, les fonctions uniformes définies par l'équation (1) sont les fonctions *automorphes*. Dans tous les autres cas, où l'intégrale générale de (1) est uniforme, elle peut, d'après un théorème énoncé sans démonstration par M. Painlevé, s'exprimer à l'aide des transcendantes de la théorie des fonctions elliptiques ou de leurs dégénérescences. Je me propose, dans cette Note, de donner la forme explicite de l'intégrale générale, en me limitant au cas où les coefficients $b$ et $c$ sont *rationnels*.

Pour étudier l'équation (1) on la remplace par le système

$$\frac{dy}{dx}=u^{\frac{n}{n+1}}, \qquad \frac{d^2u}{dy^2}=b(y)\frac{du}{dy}+\frac{n+1}{n}c(y)u. \tag{2}$$

En un point ordinaire de $b$ et $c$, les intégrales de l'équation linéaire du second ordre appartiennent à l'exposant zéro, sauf une qui appartient à l'exposant 1. Toutes ces intégrales donnent pour $y$ des fonctions uniformes dans le domaine correspondant au domaine de la valeur de $y$ considérée, sauf, dans le cas de $n=-2$, la dernière; l'uniformité de cette dernière intégrale exige $b=0$.

Ainsi donc, *pour $n=-2$, nous n'avons comme fonctions uniformes que les fonctions automorphes ou leurs dégénérescences.*

Considérons maintenant un pôle de $b$ et $c$. Ce pôle doit satisfaire aux conditions de Fuchs pour l'équation du second ordre. Les racines $r_1$ et $r_2$ de l'équation déterminante fondamentale doivent être de la forme

$$r_1=\frac{n+1}{n}\left(1-\frac{1}{N_1}\right), \qquad r_2=\frac{n+1}{n}\left(1-\frac{1}{N_2}\right),$$

$N_1$ et $N_2$ étant des entiers positifs, négatifs ou infinis ; et de plus, si $r_2>r_1$, et si $N_1$ est fini, $\frac{n+1}{1}\left(1-\frac{N_1}{N_2}\right)$ doit être encore un entier. Si la différence $r_2-r_1$ est un entier $\neq 0$, il ne doit pas y avoir de logarithme dans les intégrales de l'équation linéaire; si enfin $r_2=r_1$, le nombre $N_2=N_1$ correspondant doit être infini. Il faut appliquer ces conditions à chaque pôle, puis au point $y=\infty$, et l'on trouve alors que le nombre des pôles, qui dans le cas des fonctions automorphes n'est pas limité, est limité dans tous les autres cas : son maximum est 4 si $n\neq 1$, et 6 si $n=1$.

Les intégrales générales se divisent en deux catégories. On est conduit à la première en généralisant la forme de l'intégrale générale des fonctions

automorphes : $\frac{Ax+B}{Cx+D} = f(y)$. La fonction $y$ définie par l'équation

$$(Ax+B)^{n+1} + C = f(y),$$

A, B, C étant trois constantes arbitraires, satisfait à l'équation différentielle

$$y''' = \left(1-\frac{1}{n}\right)\frac{y''^2}{y'} - \frac{n+2}{n}\frac{f''(y)}{f'(y)}y'y'' + \frac{\left(1-\frac{1}{n}\right)f''^2(y) - f'(y)f'''(y)}{f'^2(y)}y'^3$$

et la fonction définie par l'équation $e^{Ax+B} + C = f(y)$ satisfait à cette même équation où l'on rend $n$ infini. On doit donc trouver ces fonctions comme intégrales générales uniformes, chaque fois que dans l'équation $z = f(y)$ $y$ est fonction uniforme de $z$, et que, en outre, les coefficients $b$ et $c$ déduits de la fonction $f$ sont rationnels en $y$; c'est-à-dire quand $y$ est l'une des fonctions uniformes avec lesquelles Briot et Bouquet ont intégré l'équation $\left(\frac{dy}{dz}\right)^m = K(y)$, $m$ étant un entier positif et K un polynome. $y$ est fonction rationnelle de $z$, ou de $e^z$, ou bien fonction elliptique de $z$,

$$z = (Ax+B)^{n+1} + C.$$

Comme pour les fonctions automorphes, il suffit d'avoir une intégrale pour en déduire l'intégrale générale.

La fonction $y$ définie par les équations

$$\left(\frac{dy}{dz}\right)^2 = (y-a)(y-b)(y-c)(y-d), \qquad z''' = \left(1-\frac{1}{n}\right)\frac{z''^2}{z'} + \frac{n+1}{n}\frac{z'^3}{\lambda^2},$$

qui pour $\lambda = \infty$ est une des précédentes, vérifie aussi une équation de la forme (1), et elle est uniforme si $n$ a l'une des valeurs $1$, $\pm 2$, $\infty$ et si $2i\pi\lambda$ est période de $z$. Pour $n = -2$, $z'$ est fonction rationnelle de $Ax+B$; $n = \infty$, fonction simplement périodique de $Ax+B$; $n = 1$, $2$, fonction doublement périodique. Dans tous ces cas, $z'$ a des pôles simples de résidus $\lambda$; $y$ sera donc fonction elliptique d'un logarithme; les zéros et les pôles de ce logarithme seront pour $y$ des points singuliers essentiels.

Ces points sont mobiles, car $x$ ne figure dans l'intégrale que dans l'expression $Ax+B$ : quant à la troisième constante, elle s'ajoute à l'argument de la fonction elliptique $y$ de $z$. Dans le cas où cette fonction elliptique dégénère, les équations

$$\left(\frac{dy}{dz}\right)^2 = (y-a)(y-b)(y-c)^2, \qquad z''' = \left(1-\frac{1}{n}\right)\frac{z''^2}{z'} + \frac{n+1}{n}\frac{z'^3}{\lambda^2},$$

définissent une fonction uniforme pour $n = 1, \pm 2, \infty$ et N entier; mais c'est une fonction rationnelle, simplement ou doublement périodique, de $Ax + B$.

Une seconde catégorie d'intégrales générales uniformes est obtenue en considérant les équations

$$(3) \quad \left\{ \begin{array}{ll} y'^2 & = A(a_0 y^4 + a_1 y^3 + a_2 y^2 + a_3 y + a_4) + B(b_0 y^4 + b_1 y^3 + b_2 y^2 + b_3 y + b_4), \\ y'^{\frac{3}{2}} & = A(a_0 y^3 + a_1 y^2 + a_2 y + a_3) + B(b_0 y^3 + b_1 y^2 + b_2 y + b_3), \\ y'^{\frac{4}{3}} & = A(a_0 y^2 + a_1 y + a_2) + B(b_0 y^2 + b_1 y + b_2), \\ y'^{\frac{5}{6}} & = y'^{\frac{3}{5}}(Ay + B), \\ y' & = A(a_0 y^2 + a_1 y + a_2) + B(b_0 y^2 + b_1 y + b_2). \\ y'^{\frac{n+1}{n}} & = Ay + B, \end{array} \right.$$

qui sont une forme de celles de Briot et Bouquet. Ces équations définissent des fonctions uniformes et qui, si A et B sont des constantes arbitraires, satisfont à des équations différentielles de la forme (1), où $n$ a respectivement les valeurs : 1, 2, 3, 5, $\infty$, $n$. On doit donc retrouver toutes ces fonctions comme intégrales générales uniformes. Mais il arrive que, si l'on fait sur l'équation en $y$ le changement de fonction $y = z^{\frac{1}{N}}$, N étant entier, l'équation en $z$ obtenue, qui est toujours de la forme (1), ait ses coefficients rationnels en $z$. On trouve ainsi, avec les fonctions définies par les équations (3), des fonctions telles que, par une, deux ou trois transformations successives $y - a = (y - b)z^N$, $z - a' = (z - b')t^{N'}$, ..., on arrive à des fonctions $z$, $t$, ..., définies par une équation (3). On voit apparaître une catégorie d'équations de la forme (1) mais à coefficients, non plus rationnels, mais algébriques, qui s'intègrent comme les précédentes.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations différentielles du troisième ordre dont l'intégrale est uniforme.* Note de M. **René Garnier**, présentée par M. Painlevé.

Soit une équation différentielle du troisième ordre :

$$(1) \qquad y''' = R(y'', y', y, x)$$

(R, rationnel en $y''$, $y'$). M. Painlevé a démontré (*Bull. de la Soc. math.*, t. XXVIII) que l'absence de points critiques mobiles pour l'équation (1)

entraîne l'uniformité de l'intégrale d'une équation de la forme

$$(2)\qquad y''' = \left(1 - \frac{1}{n}\right)\frac{y''^2}{y'} + b(y)y'y'' - \frac{n}{n+1}c(y)y'^3,$$

que l'on déduit de l'équation (1) et qu'il appelle la *simplifiée* de l'équation proposée. (Le nombre $n$ désigne un entier positif, négatif ou infini, mais différent de 0 et $-1$.) Je me propose, dans cette Note, en me limitant au cas où $b$ et $c$ sont *rationnels* en $y$, d'intégrer explicitement l'équation (2) quand son intégrale générale est uniforme.

Je vérifierai aussi, conformément à un théorème énoncé sans démonstration par M. Painlevé, que cette intégrale se ramène aux fonctions automorphes ou dégénérescences.

On sait qu'on peut substituer à l'équation (2) le système

$$(3)\qquad \frac{dx}{dy} = v^{-\frac{n}{n+1}},$$

$$(4)\qquad v'' - b(y)v' + c(y)v = 0,$$

où les accents désignent des dérivées par rapport à $y$.

Je montre tout d'abord que les intégrales de l'équation (4) doivent être régulières au voisinage de tout point singulier $a_i$ de l'équation, y compris le point à l'infini. Les racines de l'équation fondamentale déterminante $(e_i)$, relative à $a_i$, sont de la forme $\left(1 + \frac{1}{n}\right)\left(1 + \frac{1}{m_i}\right)$ et $\left(1 + \frac{1}{n}\right)\left(1 + \frac{1}{p_i}\right)$, $m_i$ et $p_i$ désignant deux entiers. S'ils sont égaux, leur valeur commune est l'infini; sinon, les produits de la différence des racines par $m_i$ et $p_i$ sont entiers. Il s'introduit ainsi une équation (E), à résoudre par entiers, qui joue un grand rôle dans la question; elle fait connaître l'un des entiers $m_i$ et $p_i$ en fonction de l'autre et de $n$; et l'on achève, en général, de déterminer les $m_i$ en étudiant une seconde équation d'arithmétique introduite par la considération de la fonction $b(y)$ dans le domaine du point à l'infini. En général, on trouve ainsi un nombre limité de formes possibles pour les coefficients $b(y)$ et $c(y)$.

Il y a une seule exception : pour $n = -2$, on doit avoir $b(y) \equiv 0$. C'est le cas des fonctions fuchsiennes et kleinéennes de genre zéro. La considération du point $y = \infty$ montre seulement que $c(y)$ a la forme bien connue dans la théorie des fonctions automorphes.

Lorsque $n$ a une valeur arbitrairement choisie, la résolution de (E) montre que, pour chaque $(e_i)$, la différence des racines est l'inverse d'un

entier; $y$ est une fonction uniforme du rapport $z$ des intégrales de (4), la fonction $y(z)$ vérifiant une équation du type de Briot et Bouquet : $\frac{dy}{dz} = \rho(y)$ ($\rho$ désigne la racine d'un polynome) et $z$ s'obtient par la relation $z = (Cx + C')^n + C''$, qu'il faut remplacer par $z = e^{Cx+C'} + C''$, pour $n$ infini. Soit encore $A(y) = \frac{\rho'(y)}{\rho(y)}$; l'équation (4) s'écrit

$$F(v) = v'' - \left(1 + \frac{2}{n}\right) A v' + \left(1 + \frac{1}{n}\right)\left(\frac{A^2}{n} - A'\right) v = 0. \tag{5}$$

En conservant pour (E) la solution dont il vient d'être parlé, on obtient encore pour $n = -2, 1, 2, \infty$, des équations (4) ne rentrant pas dans le type (5); ce sont les équations

$$F(v) + \frac{4\pi^2}{\omega^2}\left(1 + \frac{1}{n}\right)^2 \frac{v}{f(y)} = 0 \qquad (n = -2, 1, 2, \infty). \tag{6}$$

Ici, $\rho(y)$ désigne la racine carrée d'un polynome du quatrième (ou troisième) degré, premier avec sa dérivée, et $\omega$ représente une période de la fonction elliptique $y = \varphi(u)$ définie par l'équation $\left(\frac{dy}{du}\right)^2 = f(y)$. Pour $n = -2$, la fonction $y(x)$, ainsi obtenue, est bien connue. Entre bien des formes possibles pour les intégrales, on peut choisir les suivantes :

$$y = \varphi(u + C)$$

et

$$u = \frac{\omega}{\pi} \operatorname{arc\,tang}(Ax + B) \quad (n = -2); \qquad u = \frac{\omega}{4\pi} \operatorname{arc\,cos} p(Ax + B;\, 4, 0) \qquad (n = 1);$$

$$u = \frac{\omega}{\pi} \operatorname{arc\,tang} e^{Ax+B} \qquad (n = \infty); \qquad u = \frac{\omega}{3\pi} \operatorname{arc\,cos} [p(Ax + B;\, 0, 4)]^{-\frac{3}{2}} \quad (n = 2).$$

Dans le cas de $n = \infty, 3, 2, 1$, l'équation (E) admet d'autres solutions qui introduisent un grand nombre de formes possibles pour (4). Je me borne à un résumé sommaire. La différence des racines de $(e_i)$ peut être un entier, non nul; mais alors l'intégrale de (4) ne présente pas de terme logarithmique dans le domaine de $(a_i)$. Cette circonstance est importante dans la discussion des équations (4). Posons

$$b(y) = \sum_{i=1}^{\lambda} \frac{\beta_i}{y - a_i} \qquad \text{et} \qquad c(y) = \frac{h_0 y^{\lambda-2} + h_1 y^{\lambda-3} + \ldots + h_{\lambda-2}}{(y - a_1)\ldots(y - a_\lambda)} + \sum_{i=1}^{\lambda} \frac{\gamma_i}{(y - a_i)^2};$$

on peut supposer, pour réduire le nombre des équations à étudier, que

$h + \sum_{i=1}^{\lambda} \gamma_i = 2\left(1 + \frac{1}{n}\right)\left(1 + \frac{2}{n}\right)$, et l'on aura

$$h_1 + \sum_{i=1}^{\lambda} \left[ h + 2\gamma_i - 2\left(1 + \frac{1}{n}\right)\beta_i \right] a_i = 0$$

[on doit ajouter à une équation ainsi écrite celles qui s'en déduisent par la transformation

$$y = a_i - \frac{1}{Y}, \qquad v = VY^{2\left(1+\frac{1}{n}\right)},$$

qui laisse (3) invariant].

Cela étant, on obtient, pour $n = \infty$, deux équations dont les coefficients $h$ et $\gamma$ contiennent un entier arbitraire; elles s'intègrent par des exponentielles. On trouve encore, pour $n = 2$, trois équations et, pour $n = 1$, quatre équations où figure un entier arbitraire; leur intégrale s'obtient par des fonctions du type rationnel, exponentiel ou elliptique. Il faut ajouter à ces équations, pour $n = 3$, deux équations, pour $n = 2$, deux types et, pour $n = 1$, seize types d'équations. En laissant de côté un cas dont je me réserve l'étude, on peut dire que toutes les équations (4) s'intègrent algébriquement; dès que l'on a $\lambda > 3$ (on peut avoir $\lambda = 4, 5, 6$), l'équation (4) admet au moins un polynome pour intégrale, ce qui fait connaître les coefficients $h_\nu$ ($\nu > 1$). Enfin, les intégrales $y(x)$ sont données par les relations

$$y = f(t), \qquad \left(\frac{dt}{dx}\right)^2 = AP(t) + BQ(t),$$

$f(t)$ désignant une fonction rationnelle, A et B deux constantes, P et Q deux polynomes du quatrième degré au plus.

GÉOMÉTRIE VECTORIELLE. — *Sur la représentation des équations entières de degrés quelconques*. Note de M. J. **Massau**, présentée par M. Maurice Levy.

1. Trois systèmes de droites, rationnels, respectivement des degrés $m$, $n$, $p$ par rapport à trois variables $u$, $v$, $w$, représentent une équation de degrés $(m, n, p)$. L'équation générale de cette forme ne peut être repré-

sentée que s'il existe, entre les coefficients, R relations

$$R = (m+1)(n+1)(p+1) - 3(m+n+p) + 1.$$

2. On peut déduire les systèmes $u$, $v$ ou les trois systèmes d'un système $u'$, en remplaçant $u'$ par des fonctions rationnelles de $u$, de $v$ ou de $w$; l'équation qui représente l'abaque peut être divisée par un ou trois facteurs; ce sont des solutions étrangères à l'équation simplifiée. Une équation de degrés $(m, m, p)$ peut être représentée en introduisant une solution étrangère de degrés $(1, 1, 0)$; une équation de degrés $(m, m, m)$, en introduisant trois solutions étrangères de degrés $(1, 1, 0)(0, 1, 1)(1, 0, 1)$. Le nombre de relations est diminué dans le premier cas de $4 - 3m$ et dans le second cas de $8 - 6m$. Les équations qui peuvent être représentées en introduisant des solutions étrangères de degrés $(k, k', 0)$ sont susceptibles d'abaissement.

3. Les équations de degrés $(1, 1, 1)$ et $(1, 1, 2)$ peuvent toujours être représentées. Nous avons résolu ces cas en 1884 [1].

4. *Abaque sans solution étrangère.* — L'équation donnée doit pouvoir se mettre sous une forme linéaire et homogène par rapport à trois fonctions M, N, P de $(u, v)$, ce qui exige que R' déterminants de $4^2$ éléments soient nuls

$$R = (p-2)[(m+1)(n+1) - 3].$$

On trouve ensuite R'' déterminants, de $3^2$ éléments, égaux à zéro. Enfin, $mn$ proportions, entre des déterminants ou des produits de déterminants, complètent les R relations nécessaires et suffisantes. Les valeurs critiques correspondent aux droites communes à deux systèmes.

5. *Abaque avec solution étrangère.* — L'équation linéaire en M, N, P peut toujours être représentée par un abaque comprenant un système de droites $w$ et un réseau de lignes représenté par les équations

$$\frac{x}{M} = \frac{y}{N} = \frac{z}{P}.$$

On trouve les équations des lignes $u$ ou $v$ en éliminant $v$ ou $u$. C'est cette élimination qui introduit les solutions étrangères (205, 206, 207, *loc. cit.*). Lorsque le réseau est curviligne et que la courbe $u$ coupe la courbe $v$ en

---

[1] *Mémoire sur l'intégration graphique*, nos 177 à 207 (*Annales des Ingénieurs de Gand*, 1883-1884).

plusieurs points variables, on introduit des solutions étrangères contenant les trois variables.

6. *Abaque contenant trois solutions étrangères des degrés* (1,1,0) (0,1,1) (1,0,1). — Considérons un système de droites de degré $m+2$ par rapport à $u$. En un point du plan, on trouve $m+2$ valeurs de $u$; prenons trois valeurs pour $u$, $v$, $w$; on représente ainsi une équation de degrés $(m, m, m)$ symétrique par rapport aux trois variables. Pour représenter de cette manière l'équation générale de degrés $(m, m, m)$, on doit d'abord la rendre symétrique par deux transformations bilinéaires effectuées sur $v$ et $w$. Les conditions de possibilité et les paramètres des transformations s'expriment au moyen de déterminants de $(m+1)^2$ éléments. On obtient les R conditions nécessaires et suffisantes en ajoutant, aux précédentes, les R′ conditions qui permettent la représentation de l'équation symétrique

$$R' = \frac{(m+1)\,m\,(m-1)}{1.2.3}.$$

Les valeurs critiques correspondent aux droites doubles du système $u$. La surface, qui représente l'équation en coordonnées cartésiennes, contient un hexagone de droites pour chacune des droites doubles du système $u$.

7. *Abaques à lignes mobiles*. — La transformation de contact, appliquée à un abaque ordinaire, introduit une ligne mobile; l'abaque n'est pratique que si cette ligne est invariable. Pour ce motif, nous avons, en 1884, formulé de la manière suivante le principe des abaques à mouvement : on trace sur un plan les lignes $w$, sur une feuille transparente mobile les lignes $u$, sur une autre feuille transparente mobile les lignes $v$. On met ainsi en relations les variables $(u, u_1, u_2, u_3; v, v_1, v_2, v_3; w)$. On augmente encore le nombre des variables par les abaques accolés (186 et 187, *loc. cit.*) On peut aussi diminuer ce nombre en égalant des variables entre elles ou à des constantes. Lorsque $u$ et $v$ sont constants, les feuilles mobiles se réduisent à des lignes invariables; nous les supposerons droites.

8. *Système* $(u_1, u_2; w)$. — Une droite $(u_1, u_2)$ passe par un point $w$; l'abaque est la figure réciproque d'un précédent : une droite $w$ passe par un point $(u_1, u_2)$ d'un réseau.

9. *Système* $(u_1, u_2; v, w)$. — Une droite $(u_1, u_2)$ passe par un point $(v, w)$ d'un réseau de lignes. Toute équation à quatre variables peut être représentée de cette manière, quand on peut la rendre linéaire et homogène par rapport à trois fonctions de deux des variables. Exemple : l'équation de degrés (1, 1, 1, 1) peut être représentée moyennant une seule condition.

10. *Système* $(u_1 u_2 ; v_1, v_2 ; w)$. — Deux droites mobiles $(u_1, u_2)$ $(v_1, v_2)$ se coupent sur une droite $w$. Pour représenter de cette manière une équation à cinq variables, on doit successivement, moyennant certaines conditions, la rendre linéaire et homogène par rapport à trois fonctions de chacun des trois groupes de variables. Les coefficients de l'équation transformée doivent satisfaire aux dix conditions du cas (2, 2, 2) du numéro 4 de cette Note. Ces conditions disparaissent si, pour deux groupes de variables, les trois fonctions se réduisent à deux. Ces résultats sont encore applicables au cas où la droite $w$ est remplacée par une droite mobile $(w_1, w_2)$.

*Exemples* : l'équation (1, 1, 1, 1, 1) peut être représentée moyennant 12 relations entre les 31 coefficients ; l'équation (1, 1, 1, 1, 1, 1), moyennant 38 relations entre les 63 coefficients.

GÉODÉSIE. — *Détermination de l'altitude du sommet de l'Aconcagua (Cordillère des Andes).* Note de M. **Fr. Schrader**, présentée par M. Bouquet de la Grye.

L'Aconcagua est depuis longtemps considéré comme le sommet dominant des deux Amériques, mais son altitude n'a pas encore été fixée avec certitude.

Entre les 7300$^{m}$, datant des observations de l'amiral Fitz Roy, les 7120$^{m}$ de la Commission de limites Chilo-Argentine, les 6970$^{m}$ obtenus par Paul Güssfeldt dans des conditions d'opération plus favorables, les géographes peuvent encore hésiter. L'*Annuaire du Bureau des Longitudes* a conservé la cote 7120$^{m}$, qui, d'après les calculs de Grüssfeldt, me paraissait devoir être trop élevée.

Ayant eu l'occasion de visiter en 1904 la partie de la Cordillère que domine l'Aconcagua, j'ai voulu profiter de ce voyage et de la mission que m'avait confiée le Gouvernement argentin, de lever le tracé du chemin interocéanique du col de la Cumbre, pour déterminer avec plus de précision cette cote importante.

Diverses circonstances, et l'espoir non réalisé d'une deuxième excursion dans la Cordillère, ont retardé la publication du résultat de mes calculs, qui ramènent l'Aconcagua à 6953$^{m}$ d'altitude [1].

---

[1] J'ai à remercier M. E. del Castillo, ingénieur argentin, chargé du service des communications à travers la Cordillère, élève de notre École Centrale, pour l'aide dévouée qu'il m'a prêtée dans cette occasion.

Devant l'impossibilité où je me trouvais de mesurer une base satisfaisante et d'altitude sûre en aucune partie des pentes d'où le sommet de l'Aconcagua était visible, je résolus de mettre en pratique une idée suggérée par le Colonel Goulier : c'était d'établir une base en pleine montagne, par la méthode stadimétrique.

La chose était aisée, puisque j'avais à ma disposition un tachéographe construit, avec sa perfection habituelle, par M. J. Carpentier, et qui me permettait, en réitérant les visées, d'obtenir une précision bien supérieure à celle d'une mesure directe prise dans les conditions où je me trouvais. La petite plaine de Las Cuevas, dont l'horizontalité était facile à constater, grâce à des nappes d'eau glacée, dans certaines parties voisines de la station terminus du chemin de fer transandin, me facilitait l'opération.

J'établis d'abord dans la montagne, à $600^m$ ou $700^m$ plus haut, non loin de la crête frontière, deux signaux bien visibles depuis Las Cuevas, écartés l'un de l'autre d'environ $800^m$ et plantés sur deux points d'où l'Aconcagua se distinguait nettement. Cela fait, je plantai sur un point de la plaine de Las Cuevas, de niveau avec la base du perron de la station, à $3151^m,5$, un jalon initial à partir duquel je mesurai, avec un ruban d'acier soigneusement étalonné, et qui fut encore vérifié au retour par M. H. Vallot, deux bases horizontales destinées à servir de mires stadimétriques, et perpendiculaires chacune à la direction d'un des signaux placés dans la montagne; à l'autre extrémité de chacune de ces bases, je plantai un jalon terminal, d'une verticalité rigoureuse (1). La longueur des bases, $27^m,50$, me permettait des visées de plusieurs kilomètres.

Je m'élevai alors vers le point B, situé à $150^m$ environ au-dessous du col de la Cumbre, c'est-à-dire vers $3650^m$ d'altitude, et je dirigeai mes visées d'abord sur la mire de Las Cuevas, pour déterminer la distance planimétrique et verticale qui m'en séparait. Ces visées furent réitérées trois fois, et la différence entre les trois lectures de distances et la moyenne ne dépassa pas $\frac{1}{3000}$, soit : $2653^m,6$, $2652^m,8$ et $2654^m,4$, la moyenne étant $2653^m,6$. La différence de niveau indiquée par l'échelle verticale de l'instrument était de $537^m,3$, entre la lunette de l'instrument et le jalon initial de Las Cuevas, sur lequel un point avait été marqué à la hauteur de cette lunette au-dessus du sol, soit $1^m,5$.

Je visai alors le sommet de l'Aconcagua, en lisant d'abord l'angle horizontal formé

---

(1) La cote $3151^m,5$, contrôlée et vérifiée à diverses reprises par les ingénieurs de la ligne transandine, peut être considérée comme bonne. Il n'en est pas de même des cotes du col et des sommets voisins entachées d'erreurs qui atteignaient plusieurs dizaines, parfois plusieurs centaines de mètres.

L'angle formé, à partir du jalon initial, par la direction des deux signaux A et B, angle mesuré au tachéographe, et vérifié à l'aide d'un petit théodolite que possédait M. del Castillo, fut trouvé de $16°3'7''$ au théodolite, de $17^G83'$ au tachéographe.

par sa direction et celle du jalon initial de Las Cuevas, puis l'angle vertical qui devait me donner la différence de niveau.

J'opérai de même de la station A.

Voici les données obtenues et le résultat conclu :

| | | |
|---|---|---|
| *Station* A. — | Distance en planimétrie au jalon initial... | 2283$^{\text{m}}$,8 |
| *Station* B. — | » » » ... | 2653,6 |
| | Différence de niveau en A.............. | 655,0 |
| | » » B.............. | 537,3 |
| | Distance horizontale A — B ............ | 780,58 |

Prenant ce côté A — B comme base d'un triangle dont l'Aconcagua formait le sommet, j'obtins les deux autres côtés de ce triangle :

| | |
|---|---|
| Côté A. — Aconcagua............................ | 19611$^{\text{m}}$,9 |
| Côté B. — Aconcagua............................ | 19322,1 |

Dès lors les différences de niveau devenaient :

| | |
|---|---|
| A. Aconcagua................. .... | 3126$^{\text{m}}$,3 |
| B. Aconcagua...................... | 3231$^{\text{m}}$,2 |

Ce qui me donnait, avec la correction du niveau apparent, de la réfraction et de la hauteur de l'instrument :

| | |
|---|---|
| De la station A, altitude de l'Aconcagua ............... | 6959$^{\text{m}}$,9 |
| De la station B, » » ............... | 6946$^{\text{m}}$,2 |
| Moyenne.................... | 6953$^{\text{m}}$,0 |

J'ajoute qu'une deuxième opération faite du sommet qui domine le col de la Cumbre, à 3907$^{\text{m}}$, au cours de mon levé du passage entre Argentine et Chili, m'a donné pour le sommet de l'Aconcagua, avec une distance horizontale de 19800$^{\text{m}}$, une altitude de 6952$^{\text{m}}$, qui ne différerait pas sensiblement de la moyenne ci-dessus, mais que je juge plus prudent de ne pas y introduire, la coïncidence me paraissant trop grande pour avoir une valeur certaine.

Ces résultats peuvent être légèrement modifiés par la valeur qui sera définitivement attribuée à la réfraction dans cette partie de l'Amérique.

Il faut noter aussi qu'un sommet neigeux comme celui de l'Aconcagua varie incessamment de hauteur avec l'enneigement.

Le jour où je l'ai mesuré, une tempête, venant du Pacifique, soufflait depuis trois jours et avait pu le débarrasser d'une certaine épaisseur de neige.

Ainsi, les résultats définitifs que j'ai obtenus ne corrigent pas de $17^m$ ceux obtenus par le Dr Güssfeldt, mais avec une base d'opération plus certaine, la cote de départ de cet observateur ayant été déduite d'observations barométriques non contrôlées.

Quant à la méthode employée, c'est-à-dire à l'établissement possible de bases intermédiaires par la méthode stadimétrique, elle me paraît, comme l'avait pensé le colonel Goulier, pouvoir rendre de sérieux services dans l'étude topographique de régions de montagnes très étendues, à grandes cimes peu accessibles, et en pays peu fréquenté, comme la Cordillère des Andes ou l'Himalaya, où ce procédé permettrait de relier entre eux les points, souvent très espacés, déterminés par une triangulation régulière.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'ionisation par barbotage.* Note de M. **L. Bloch**, présentée par M. Lippmann.

M. de Broglie a publié récemment [1] une Note relative au barbotage. Dans cette Note l'auteur n'a pas fait l'historique de la question, je crois devoir faire observer que j'ai fait connaître avant lui [2] un certain nombre des résultats qu'il a énoncés.

En particulier, pour ce qui concerne l'acide sulfurique et l'acide chlorhydrique, j'ai énoncé [3] à peu près tous les résultats de M. de Broglie en les complétant par des mesures de mobilités.

PHYSICO-CHIMIE. — *Sur la compressibilité des gaz au voisinage de la pression atmosphérique.* Note de M. **Daniel Berthelot**, présentée par M. Amagat.

La connaissance exacte de la compressibilité des gaz au voisinage et au-dessous de la pression atmosphérique est nécessaire pour déterminer leurs poids moléculaires par la méthode des densités limites.

(1) *Comptes rendus,* 16 juillet 1907, p. 172.
(2) *Comptes rendus,* 1er juillet 1907.
(3) *Loc. cit.*

On admet souvent que la variation du produit $pv$ dans ces conditions est une fonction linéaire de la pression

(1) $$pv = 1 - \alpha p,$$

$\alpha$ étant une constante. Mais les mesures de Regnault et de M. Chappuis ont fait voir que, dès la pression atmosphérique, cette formule conduit pour les gaz aisément liquéfiables, tels que l'anhydride carbonique, à des écarts supérieurs aux erreurs d'expérience. Et, dès mes premières Notes de 1898 sur la méthode des densités limites, j'ai signalé que la formule (1) étant insuffisante pour des gaz tels que $CO^2$ ou $SO^2$ devait être remplacée par celle de Van der Waals. Cependant, tout récemment (*Comptes rendus*, 17 juin 1907), M. Guye ayant cru préférable de revenir à la formule (1) et d'admettre pour le coefficient $A_0^1$ entre $0^{atm}$ et $1^{atm}$, les valeurs trouvées pour $CO^2$ entre $1^{atm}$ et $2^{atm}$ et pour $SO^2$ entre $0^{atm},5$ et $1^{atm}$, j'ai jugé utile de soumettre ce point au contrôle de l'expérience.

Voici les résultats que j'ai trouvés à 0° pour le coefficient d'écart à la loi de Mariotte $A_p^{p'} = \frac{1}{pv}\frac{\Delta(pv)}{\Delta p}$ entre $2^{atm}$ et $1^{atm}$; $1^{atm}$ et $0^{atm},5$; $0^{atm},5$ et $0^{atm},25$.

| | $A_2^1$. | $A_{0,5}^1$. | $A_{0,25}^{0,50}$. |
|---|---|---|---|
| $CO^2$ | 0,00688 | 0,00676 | 0,00666 |
| $Az^2O$ | 0,00764 | 0,00751 | 0,00746 |
| $SO^2$ | 0,02617 | 0,02407 | 0,02366 |

Il suit de là que *pour des pressions inférieures à $2^{atm}$ et même à $1^{atm}$, la variation de $pv$ n'est pas une fonction linéaire de la pression pour les gaz très compressibles*. La supposition qui consiste à confondre $A_0^1$ avec $A_2^1$ pour $CO^2$ ou avec $A_{0,5}^1$ pour $SO^2$ entraîne sur les poids moléculaires de ces gaz des erreurs de $\frac{2}{10000}$ à $\frac{4}{10000}$.

Les nombres précédents montrent de plus que, *dans les limites de pression envisagées ici, la variation de $pv$ est fonction linéaire de la densité $r$*.

On en déduit, en effet, les valeurs suivantes du coefficient $\varepsilon = -\frac{d(pv)}{dr}$ qui sont bien constantes, au degré d'exactitude des expériences :

| | $2^{atm} - 1^{atm}$. | $1^{atm} - 0^{atm},5$. | $0^{atm},50 - 0^{atm},25$. | Valeur moyenne de $\varepsilon$. |
|---|---|---|---|---|
| $CO^2$ | 0,00665 | 0,00667 | 0,00662 | 0,00665 |
| $Az^2O$ | 0,00735 | 0,00739 | 0,00740 | 0,00738 |
| $SO^2$ | 0,02318 | 0,02294 | 0,02312 | 0,02308 |

On peut donc poser

(2) $$pv = 1 - \varepsilon . r.$$

C'est la formule que j'ai indiquée dans mon Mémoire *Sur les thermomètres à gaz*, pour le calcul de $A_0^1$ d'après $A_2^1$ et pour l'extrapolation vers les faibles pressions.

Le résultat expérimental trouvé plus haut est d'ailleurs conforme aux faits déjà connus. On sait avec quelle exactitude, dans des limites de pression étendues, la compressibilité isothermique d'un gaz se laisse représenter par la formule de Van der Waals :

$$(3) \qquad (p + a : v^2)(v - b) = 1$$

Ce maître éminent et ses émules immédiats (Cf. notamment Roth, *Wied. Ann.*, 1880, t. II, p. 1) ont calculé les valeurs de $a$ et $b$ au voisinage de la pression atmosphérique pour les gaz $CO^2$, $Az^2O$, $AzH^3$, $SO^2$. J'ai moi-même indiqué en 1898 un mode de calcul très simple, en remarquant d'ailleurs que ce qui importe ici, c'est seulement la différence $(a - b) = \varepsilon$. Or, avec toutes ces valeurs de $a$ et $b$, on constate que *la formule* (3) *indique que la variation de pv est parabolique en fonction de la pression dès le voisinage de la pression atmosphérique, mais est linéaire en fonction de la densité jusqu'au delà de* $6^{atm}$ *pour* $CO^2$ *et de* $2^{atm}$ *pour* $SO^2$.

Dans ces limites l'équation (2) donne les mêmes résultats que l'équation (3). C'est ce que l'on vérifie en particulier en les appliquant, comme je l'ai fait, au problème des densités limites. Il s'agit de déduire de la valeur expérimentale $A_2^1$ (mesurée entre $1^{atm}$ et $2^{atm}$) la valeur théorique $A_0^1$ entre $0^{atm}$ et $1^{atm}$. Dans mon premier Mémoire (*Journal de Physique*, t. VIII, p. 263), j'ai indiqué les formules

$$(4) \qquad A_2^1 = \frac{(a-b)}{[1-2(a-b)][1-3(a-b)]}, \qquad A_0^1 = \frac{(a-b)}{1-(a-b)}.$$

Ces formules résolvent le problème. La valeur connue $A_2^1$ donne par une équation du second degré $(a - b)$, d'où l'on déduit $A_0^1$. Or j'ai montré depuis que les expressions (4) que j'avais obtenues en 1898 en partant de l'équation (3), s'obtiennent d'une manière presque immédiate au moyen de l'équation (2) dans laquelle $\varepsilon = (a - b)$.

Désignons par $\delta A$ la quantité à retrancher de $A_2^1$ pour obtenir $A_0^1$, le Tableau suivant des valeurs de $10^5\,\delta A$ permet de juger du degré de concordance des diverses formules que j'ai indiquées : formule (3) en 1898, formule (2) en 1902, et formule (4) en 1898 et 1907.

| | $H^2$. | $Az^2$. | CO. | $O^2$. | AzO. | $CO^2$. | $Az^2O$. | HCl. | $AzH^3$. | $SO^2$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Formule (3)... | 0,2 | 0,07 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 18 | 22 | 23 | 90 | 241 |
| Formule (2)... | 0,2 | 0,07 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 18 | 24 | 25 | 90 | 244 |
| Formule (4)... | 0,2 | 0,07 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 18 | 24 | 25 | 89 | 238 |

Encore dois-je noter que, dans le calcul par la formule (3) qui se fait par approximations successives, je m'étais contenté, pour les gaz très compressibles, d'une approximation de 2 à 3 unités, amplement suffisante en présence des écarts expérimentaux qui entraînent une incertitude dix fois aussi grande; comme on le voit en rapprochant les nombres de MM. Leduc et Sacerdote de ceux de lord Rayleigh pour les six premiers gaz et de MM. Jaquerod et Scheuer pour les deux derniers :

| | $H^2$. | $Az^2$. | CO. | O. | $CO^2$. | $Az^2O$. | $AzH^3$. | $SO^2$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Écart expérimental.... | +11 | +18 | +35 | +18 | −13 | −20 | +34 | −31 |

Ainsi est justifiée ma conclusion : « Les résultats obtenus par ces diverses formules sont presque identiques; mais il faut bien noter que l'on calcule ainsi, non pas la compressibilité du gaz qui est empruntée à l'expérience, mais une correction toujours très faible à apporter à ce nombre expérimental ». (*Zeits. f. Elektroch.*, t. X, 1904, p. 622.)

C'est précisément ce point qui a échappé à M. Guye qui, dans ses remarques à ce sujet (*Comptes rendus*, 17 juin 1907), a confondu deux problèmes distincts : le calcul de l'extrapolation $\delta A$ pour passer de $A_2^1$ à $A_0^1$, qui est seul en question ici, et le calcul de $A_0^1$ par les constantes critiques. La première et la troisième ligne de son Tableau sont extrapolées d'après les expériences de MM. Leduc et Sacerdote, mais la seconde, contrairement à ce qu'il indique, n'emprunte absolument rien à ces auteurs. Elle ne concerne même pas la même grandeur; tandis que la première et la troisième ligne s'appliquent à $A_0^1$, la seconde s'applique à la valeur $A_0$, limite de $A_p^{p'}$ quand $p$ et $p'$ tendent vers zéro. Ces deux valeurs ne se confondraient que si la formule (1) était correcte au lieu de la formule (2) et, par suite, si les valeurs $\delta A$ étaient nulles.

En ce qui concerne le calcul de $\varepsilon$ ou de $A_0^1$, d'après les constantes critiques, je renverrai aux Tableaux donnés précédemment (*Comptes rendus*, t. CXLIV, p. 78 et 195), qui font ressortir l'accord de ma formule avec l'expérience. J'ajouterai que la valeur $\varepsilon = 0,00738$, trouvée aujourd'hui pour $Az^2O$, se confond presque avec la valeur 0,00739 que j'avais déduite des constantes critiques. Pour $CO^2$, la différence de 2 à 3 pour 100 entre la valeur observée $\varepsilon$ et la valeur calculée d'après $T_c$ et $p_c$ tient à l'incertitude de la loi des états correspondants, car elle disparaît (*cf.* mon Mémoire : *Sur les thermomètres à gaz*, p. 38 et 100) si, dans la formule fondamentale

$$\varepsilon = -\frac{d(pv)}{dp} = \frac{v_c}{4}\left(6\frac{T_c^2}{T^2} - 1\right),$$

on introduit la valeur observée $d_c = 0,464$ (Amagat) de la densité critique en place de la valeur calculée d'après $T_c$ et $p_c$.

Les déviations de la loi des états correspondants s'accentuent quand on approche de la saturation. M. Leduc a montré que, à la température ordinaire, elles dépassent 30 pour 100 pour les compressibilités de gaz tels que $AzH^3$, $CH^3Cl$, $SO^2$, $PH^3$ ou $H^2S$. L'emploi d'une formule unique, fondée sur les constantes critiques $T_c$ et $p_c$, ne peut donc plus convenir dans ces conditions. Au contraire, le calcul direct des densités limites, d'après les compressibilités expérimentales, est entièrement rigoureux dans tous les cas.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Azotate d'argent. Calorimétrie à haute température.* Note de M. **Guinchant**, présentée par M. Haller.

J'ai déterminé, en vue d'études cryoscopiques et électriques, la chaleur latente de fusion de l'azotate d'argent. J'ai employé tout d'abord la méthode calorimétrique que j'ai précédemment décrite : une bouteille de platine

contenant $150^g,6$ d'azotate d'argent pur était chauffée dans un four électrique à résistance de nickel, puis immergée dans l'eau d'un calorimètre amené sous le four. L'expérience a fourni les nombres de grandes calories suivants rapportés au kilogramme :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Azotate rhombique..... | $Q_0^{49,3} = 6,753$ | $Q_0^{82,7} = 12,045$ | $Q_0^{99,9} = 14,117$ | $Q_0^{137} = 19,349$ |
| Azotate rhomboédrique. | $Q_0^{165,7} = 27,844$ | $Q_0^{188} = 31,162$ | | |
| Azotate fondu......... | $Q_0^{214} = 52,318$ | $Q_0^{244,5} = 58,035$ | $Q_0^{281,5} = 64,942$ | |

On déduit de là les constantes thermiques suivantes :

| | |
|---|---|
| Chaleur spécifique de l'azotate rhombique solide......... | $c_1 = 0,141$ [1] |
| Chaleur spécifique de l'azotate rhomboédrique solide..... | $c_2 = 0,149$ |
| Chaleur spécifique de l'azotate fondu liquide............ | $c' = 0,187$ |
| Chaleur de transformation de l'azotate rhombique en azotate rhomboédrique à 159°.......................... | $a = 4^{Cal},9$ |
| Chaleur de fusion à 208°............................. | $L = 17^{Cal},6$ |

La chaleur spécifique est, comme pour les autres sels étudiés, notablement plus grande à l'état liquide qu'à l'état solide; la chaleur de fusion donne pour le quotient $\frac{LM}{T}$ une valeur (5,8) très différente du nombre 10 prévu par la règle de M. de Forcrand.

La détermination des chaleurs de fusion par la méthode calorimétrique est toujours pénible et longue parce qu'elle doit fournir, en même temps, d'autres constantes d'un intérêt secondaire; elle est d'ailleurs inapplicable aux corps qui subissent, à l'état solide, des transformations lentes.

J'ai étudié une méthode plus directe basée sur le principe suivant : un appareil, isolé thermiquement par des enveloppes à vide, reçoit sous forme électrique des quantités de chaleur connues. On détermine la température stationnaire correspondant à une quantité de chaleur donnée par minute et l'on trace la courbe qui lie ces deux variables.

Cette courbe, droite dans un intervalle de température restreint, ne dépend que de l'isolement thermique et de la surface de refroidissement; elle est toujours la même avec un appareil déterminé. Pour faire une mesure, on produit dans cet *électrocalorimètre* la réaction exothermique à étudier (changement d'état, action chimique, etc.), et l'on maintient la température constante au moyen d'un courant électrique convenable. La quantité de chaleur à mesurer est égale à la différence entre la valeur lue

---

(1) Regnault a donné $c_1 = 0,143$.

sur la courbe à la température de l'expérience et la quantité de chaleur apportée par le courant auxiliaire.

J'ai employé un récipient en verre argenté de Dewar entouré d'une épaisse couche d'amiante cardée et de deux enveloppes métalliques réfléchissantes. Au fond du récipient était placé un réchauffeur électrique constitué par un fil de maillechort enroulé en spirale cylindrique entre deux feuilles d'aluminium; ce four minuscule pesait $25^{g}$. Le corps à étudier remplissait un matras d'environ $30^{cm^3}$ placé à l'intérieur du réchauffeur; la température était lue sur un thermomètre à mercure plongeant presque jusqu'au fond du matras. Il est à peu près impossible de rendre la température rigoureusement stationnaire, mais les corrections se font, comme en calorimétrie ordinaire, en utilisant le diagramme des variations de la température avec le temps.

Je n'ai fait jusqu'ici qu'une étude comparative des résultats fournis par cette méthode avec les résultats fournis par la méthode calorimétrique. Les nombres obtenus présentent un accord très satisfaisant; ainsi l'électrocalorimètre a fourni, pour les chaleurs de fusion :

| | | | |
|---|---|---|---|
| De l'étain .................. | 14,3 | au lieu de | 13,6 à 14,6 |
| De l'iodure mercurique ....... | 9,6 | » | 9,8 |
| De l'azotate d'argent.......... | 17,9 | » | 17,6 |

CHIMIE MINÉRALE — *Sur les acides ortho et pyroarsénique.* Note de M. E. Baud, présentée par M. Ditte.

Les acides arséniques ont déjà été étudiés par Buchholz, Kopp, Geuther et Joly.

Plus récemment, Auger (¹) a repris cette étude. Il a reconnu notamment que le produit de la concentration, au bain-marie, de la solution d'acide arsénique, décrit par Kopp comme de l'acide orthoarsénique, avait en réalité pour composition : $As^2O^5 + 1,5H^2O$.

L'acide orthoarsénique pur n'a pu être obtenu ni par Joly, ni par Auger.

L'acide pyroarsénique $As^2O^7H^4$ de Kopp et l'acide métarsénique $AsO^3H$ signalé par Kopp et par Joly, n'ont pu être reproduits par Auger. D'après ce savant, les seuls hydrates qui existeraient réellement seraient : $(AsO^4H^3)^2, H^2O$ ou $As^2O^5, 4H^2O$ et $2As^2O^5, 3H^2O$ ou $As^2O^5, 1\frac{1}{2}H^2O$. Le premier est celui qui se dépose, à froid, à l'état cristallisé, des solutions

(¹) *Comptes rendus*, t. CXXXIV, 1902, p. 1059.

concentrées d'acide arsénique et le second s'obtient par déshydratation du premier à l'étuve à 110°.

J'ai bien obtenu ces deux hydrates, mais j'ai préparé en outre l'acide pyroarsénique.

L'hydrate $As^2O^5, 4H^2O$ placé pendant plusieurs jours sous cloche, au-dessus de l'acide sulfurique concentré, reste inaltéré tant que la température ne dépasse pas + 10°, ce qui permet de priver facilement les cristaux de l'eau mère qu'ils ont pu retenir.

Mais au-dessus de 10°, vers + 15° ou + 20°, par exemple, les cristaux s'effleurissent et perdent exactement $2H^2O$.

Le produit restant est donc $As^2O^5, 2H^2O$ ou $As^2O^7H^4$ : c'est de l'acide pyroarsénique, ainsi que le confirme l'étude thermique.

$As^2O^7H^4$. — Sa chaleur de dissolution dans l'eau vers 10° est $+ 2^{Cal},766$.

Connaissant, en outre, d'une part, la chaleur de dissolution du pyroarséniate tétrasodique obtenu en calcinant l'orthoarséniate disodique et, d'autre part, la chaleur de neutralisation de l'acide orthoarsénique par $2^{mol}$ de soude, on pourra mesurer l'acidité moyenne de l'acide pyroarsénique [1].

J'ai ainsi trouvé $+ 51^{Cal},87$, tandis que pour l'acide orthoarsénique on a :

$$+ 47^{Cal},92 \text{ [2]}.$$

Si l'on compare ces nombres à ceux fournis par l'acide pyrophosphorique : $+ 54^{Cal},15$ [3] et par l'acide orthophosphorique : $+ 49^{Cal},38$ [4], on voit que les différences sont tout à fait du même ordre :

3,95 entre les acides pyro et orthoarséniques et 4,77 entre les acides pyro et orthophosphoriques.

---

(1) *Premier cycle :*

| | | |
|---|---|---|
| $As^2O^7H^4$ sol. + 4 Na sol. | $= As^2O^7Na^4$ sol. + 4 H gaz ......... | $+ x$ |
| $As^2O^7Na^4$ sol. + $H^2O$ + aq. | = 2 $AsO^4Na^2H$ diss ............... | $+ 19^{Cal},986$ |

*Deuxième cycle :*

| | | |
|---|---|---|
| $As^2O^7H^4$ sol. + $H^2O$ + aq. | = 2 $AsO^4H^3$ diss.............. | $+ 2^{Cal},766$ |
| 4 Na + aq. | = 4 Na OH diss............... | $+ 169^{Cal},600$ |
| 2 $AsO^4H^3$ diss. + 4 Na OH diss. | = 2 $AsO^4Na^2H$ diss............ | + 55,200 |

d'où

$$x = 227^{Cal},566 - 19^{Cal},986 = 207^{Cal},58$$

ce qui donne pour l'acidité moyenne $+ 51^{Cal},87$.

(2) E. Baud et A. Astruc, *Comptes rendus*, 17 juin 1907.

(3) H. Giran, *Thèse de la Faculté des Sciences de Paris*, juin 1903.

(4) R. de Forcrand, *Comptes rendus*, t. CXV, 1892, p. 611.

*Hydrate* $As^2O^7H^4, 2H^2O$. — C'est un hydrate d'acide pyroarsénique.

Une très faible élévation de température permettant de passer de cet hydrate au précédent, ces deux corps doivent vraisemblablement se trouver au même degré de condensation.

L'hydrate $As^2O^5, 4H^2O$ a pour chaleur de dissolution dans l'eau :

| | |
|---|---|
| Vers $+9°$ | $-2^{Cal},514$ |
| La fixation de $2H^2O$ liqu. sur $As^2O^7H^4$ dégage | $+5^{Cal},28$ |
| La fixation d'une molécule d'eau gazeuse dégage | $+12^{Cal},300$ |

et l'on déduit du rapport $\frac{Q}{T} = 32$ (1) que cet hydrate doit avoir une tension de dissociation de $760^{mm}$ de mercure pour $t = 144°$.

En fait, lorsqu'on le chauffe à l'étuve, on constate qu'il commence à se déshydrater vers 60°, mais la perte de poids est surtout rapide vers 140°.

Cette dessiccation est accompagnée d'une condensation moléculaire, et l'on obtient $As^2O^5 + 1,5H^2O$ ou $2As^2O^5 3H^2O$.

$2As^2O^5, 3H^2O$. — Sa chaleur de dissolution vers 10° est $+2^{Cal},306$ pour

$$As^2O^5, 1,5H^2O.$$

Si l'on calcule les chaleurs de formation des différents hydrates à partir de l'eau liquide et de l'anhydride arsénique solide, on trouve

| | Cal |
|---|---|
| $As^2O^5 + 1,5H^2O$ | $+3,694$ |
| $As^2O^5 + 2H^2O$ | $+3,234$ |
| $As^2O^5 + 4H^2O$ | $+8,514$ |

La chaleur dégagée par la fixation de 1,5 $H^2O$ serait supérieure à celle correspondant à $2H^2O$, ce qui peut s'expliquer par une différence de condensation moléculaire entre ces deux hydrates, le nombre $3^{Cal},694$ comprenant en réalité la chaleur d'hydratation et la chaleur de polymérisation ; le composé $2As^2O^5, 3H^2O$ provenant vraisemblablement de l'union de deux molécules d'acide pyroarsénique avec perte d'une molécule d'eau.

En résumé, l'acide orthoarsénique ne paraît exister qu'en solution. Lorsque sa solution cristallise, elle abandonne l'hydrate d'acide pyroarsénique qui, en s'effleurissant vers 15° sur l'acide sulfurique, donne l'acide pyroarsénique. Celui-ci présente de très grandes analogies, au point de vue thermique, avec l'acide pyrophosphorique.

---

(1) De Forcrand, *Comptes rendus*, t. CXXXIV, 1902, p. 768.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'oxydation directe du phosphore.* Note de M. É. **Jungfleisch**, transmise par M. H. Le Chatelier.

En poursuivant l'étude de la phosphorescence du phosphore, j'ai pu établir quelques faits nouveaux, relatifs aux conditions de l'action directe de l'oxygène sur le phosphore et à la nature des produits de cette action.

Les produits immédiats de l'oxydation directe et spontanée du phosphore dans l'oxygène à faible pression ne sont pas les mêmes que ceux formés à une pression plus élevée. Dans l'oxygène pur, à la pression atmosphérique, l'oxydation, à froid, du phosphore pur et sec, donne exclusivement l'anhydride phosphorique; dans le même gaz, sous une faible pression, à $18^{mm}$ ou $20^{mm}$ par exemple, les produits immédiats de l'oxydation sont l'anhydride phosphoreux, $P^2O^3$, et un composé jaune vif. Je reviendrai sur ce dernier composé; je dirai seulement ici que, par dissolution dans la potasse alcoolique et précipitation au moyen de l'acide chlorhydrique, il fournit le sous-oxyde de phosphore $P^4O$. La seconde réaction constitue une combustion d'apparence spéciale, développant des températures peu élevées; on l'observe aisément dans l'expérience suivante :

Un flacon de $1^l$, fermé par un bouchon portant un robinet de verre, est rempli d'oxygène *pur* et *sec*. Soulevant momentanément le bouchon, on laisse glisser dans le flacon un fragment de phosphore *pur, sec* et *froid*. Immédiatement après, on raréfie très rapidement le gaz du flacon, et, dès que la pression a atteint $18^{mm}$ ou $20^{mm}$, on ferme le robinet. Si la surface du phosphore est restée, en quelques points, libre de $P^2O^5$, le phosphore devient très lumineux et entre, par places, en fusion; bientôt il s'allume et donne une grande flamme pâle, glauque, qui disparaît après quelques instants, l'oxygène étant absorbé. Après refroidissement, le reste du phosphore se trouve en contact avec de l'anhydride phosphorique; il est entouré, à quelque distance, par le composé jaune; un peu plus loin, s'étend une auréole blanche, formée d'anhydride phosphoreux qui, plus volatil, s'est condensé à distance. Lorsque, par le robinet, on fait pénétrer une *très faible* quantité d'air dans le flacon, la vapeur de $P^2O^3$, qui remplit celui-ci à une tension notable, s'allume spontanément, au contact de l'oxygène, en donnant la lumière particulière à la phosphorescence. La rentrée d'air étant plus importante, l'oxygène atteint l'auréole; à son contact, $P^2O^3$ s'allume spontanément et brûle avec énergie, déterminant ensuite la combustion du phosphore.

Si, au lieu d'introduire de l'air dans le flacon, on y fait pénétrer de l'eau, en évitant toute rentrée d'air, chaque goutte d'eau introduite apparaît lumineuse dans l'obscurité, l'oxygène dissous s'échappant et brûlant la vapeur de $P^2O^3$. Après contact prolongé de l'eau avec le contenu du flacon, on a une solution d'acides phosphoriques et d'acide phosphoreux, tenant du composé jaune en suspension. Malgré la combustion

d'une partie de l'anhydride phosphoreux, au commencement de l'expérience, la proportion du phosphore phosphoreux est toujours grande; elle atteignait 57,9 pour 100 du phosphore total, dans une expérience portant sur les produits réunis de plusieurs flacons.

La combustion du phosphore dans l'oxygène à très basse pression peut être réalisée d'une manière continue.

A une extrémité d'un long tube à combustion, rempli d'azote pur et sec, on place une nacelle de porcelaine, garnie de phosphore *pur* et *sec;* par l'autre extémité, on fait le vide au moyen de deux trompes couplées, très actives. La pression étant tombée à 20$^{mm}$, on laisse entrer dans le tube, du côté du phosphore, de l'air privé de $CO^2$ et de $H^2O$, en réglant l'entrée du gaz de façon à ne pas relever notablement la pression dans le tube.

Aussitôt que l'air, extrêmement détendu, arrive froid au contact du phosphore froid, celui-ci s'allume spontanément et brûle en produisant la flamme glauque, caractéristique; la combustion se continue dès lors régulièrement; la flamme, presque immobile, occupe la section du tube où le gaz comburant atteint le phosphore. L'azote s'échappe, entraînant avec rapidité les produits formés. Autour de la nacelle s'accumule une substance rouge et de l'anhydride phosphorique; du composé jaune se dépose plus loin, mélangé d'un peu de phosphore, et de l'anhydride phosphoreux plus loin encore.

Dans ces conditions, les vapeurs d'anhydride phosphoreux se condensent brusquement en une neige volumineuse qui, entraînée par l'azote, traverse les tubes et les flacons que l'on interpose; la matière neigeuse s'échappe jusqu'aux trompes, dont elle rend lumineuse l'eau chargée d'oxygène. En disposant autour du tube, un peu au delà de la nacelle, une petite étuve à air, formée d'une feuille de clinquant replié, et en la chauffant à 130°-150°, $P^2O^3$ se vaporise; il se condense ensuite, à l'état cristallisé, pendant le refroidissement de la masse gazeuse. On le recueille alors aisément en dirigeant les gaz dans un tube en U, à branches très rapprochées, dont on immerge la boucle dans un ballon garni d'air liquide; à l'orifice du ballon, où la température est moins basse, $P^2O^3$ se dépose en cristaux très nets, très réfringents; dans l'air liquide, sa cristallisation est plus confuse. Le produit condensé contient jusqu'à 95 de phosphore phosphoreux pour 100 de phosphore total; il est souillé d'un peu de phosphore entraîné et d'un peu d'anhydride phosphorique.

Que l'on opère avec de l'air, avec de l'oxygène pur ou avec de l'oxygène mélangé d'un gaz inerte, toutes les fois que l'oxygène agit à faible pression sur le phosphore, on arrive à des résultats semblables. En présence de l'eau, on récolte les produits de l'action de ce composé sur les substances formées dans le gaz sec. Ces faits ont été établis par des expériences variées qui seront exposées ailleurs.

Cette oxydation particulière du phosphore dans l'oxygène raréfié peut avoir, en des circonstances fréquemment réalisées dans les laboratoires, des

conséquences dignes d'intérêt. Elle peut rendre le phosphore spontanément inflammable dans l'air, à froid.

Par exemple, si, dans un tube fermé à ses extrémités par des bouchons de caoutchouc que traverse un robinet de verre, on dispose, suivant la longueur, des bâtons de phosphore à *surface pure et sèche,* dans une atmosphère de $CO^2$ pur et sec, puis qu'on abandonne ce tube dans l'air, on voit, après quelque temps, près des bouchons, le phosphore se ternir à la surface, alors que le phosphore plus éloigné des extrémités reste brillant : par diffusion à travers la masse du bouchon, l'oxygène de l'air a pénétré lentement jusqu'au phosphore, le recouvrant de $P^2O^3$ et de composé jaune. A partir de ce moment, les bâtons de phosphore des extrémités s'enflamment dès qu'on les met au contact de l'air, allumés qu'ils sont par $P^2O^3$ spontanément inflammable. Le phosphore que l'oxygène n'a pas atteint est resté brillant ; il ne s'allume pas à l'air.

La même transformation en phosphore spontanément inflammable s'effectue plus rapidement quand l'appareil est fermé par un tube de caoutchouc épais, à travers les parois duquel la diffusion de l'oxygène est moins lente.

J'ai d'ailleurs constaté que le phosphore devient spontanément inflammable dans de très nombreuses conditions, lorsque de l'anhydride phosphoreux se forme à sa surface, même en quantité très faible.

Les particularités que je viens de signaler dans l'oxydation directe du phosphore permettent d'interpréter les phénomènes de la phosphorescence et de fixer la nature de l'émanation du phosphore exposé à l'air.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les propriétés et la constitution des aciers au tantale.* Note de M. **Léon Guillet**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On a beaucoup parlé des aciers au tantale en en vantant les qualités; différents brevets pris, notamment en Allemagne et en France, donnent à entendre que l'addition de tantale améliore considérablement les propriétés des aciers.

Nous avons pensé qu'il était intéressant de faire quelques essais en vue de préciser ces qualités. A cet effet les aciéries d'Imphy ont préparé, sur notre demande, les quatre aciers suivants :

| Carbone. | Tantale. | Manganèse. | Silicium. | Soufre. | Phosphore. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,120 | 0,09 | 0,19 | 0,12 | traces | traces |
| 0,170 | 0,15 | 0,15 | 0,19 | » | » |
| 0,180 | 0,60 | 0,22 | 0,24 | » | » |
| 0,160 | 1,05 | 0,23 | 0,16 | » | » |

On remarquera que les teneurs en carbone, manganèse et silicium sont très voisines et que la seule variation importante dans la composition a trait au pourcentage de tantale qui varie de 0,09 à 1,05 pour 100.

Ces aciers n'ont donné lieu à aucune difficulté particulière dans leur fusion ni dans leur traitement mécanique.

La matière première utilisée était un ferro-tantale préparé au four électrique.

A. Aciers normaux. — *Micrographie.* — Les aciers normaux sont tous perlitiques et ne présentent aucune particularité; cependant la ferrite de ces aciers laisse voir quelques taches légèrement brunes, sous l'action de l'acide picrique. La quantité de perlite est bien en rapport avec la quantité de carbone; mais elle est d'autant mieux répartie que la teneur en tantale est plus forte.

*Propriétés mécaniques.* — Le Tableau suivant résume les propriétés mécaniques des aciers au tantale examinés :

| Composition. | | Essai à la traction. | | | | Essai au choc. | Essai à la bille. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C. | Ta. | R. | E. | A %. | Σ. | | |
| 0,120 | 0,09 | 41,5 | 29,8 | 33 | 67,4 | 25 | 107 |
| 0,170 | 0,15 | 42,6 | 30,4 | 31 | 68,8 | 28 | 107 |
| 0,180 | 0,60 | 45,3 | 31,1 | 28 | 67,4 | 26 | 112 |
| 0,160 | 1,05 | 47,8 | 31,5 | 28 | 62,3 | 20 | 116 |

Ces résultats montrent que le tantale produit une légère augmentation de la charge de rupture et de la limite élastique, une faible diminution dans les allongements.

La résistance au choc est élevée.

Il est incontestable que l'effet obtenu avec une addition de 1 pour 100 de tantale peut être produit avec un grand nombre d'autres corps, notamment le nickel.

*Points de transformation.* — Les points compris entre 600 et 675 sont extrêmement peu visibles; on voit un très léger pointement dans la courbe. Au contraire, les points compris entre 770 et 790 à l'échauffement et 730 à 750 au refroidissement sont d'une netteté remarquable; ils sont caractérisés par un très beau palier.

La dernière transformation, voisine de 900°, est plutôt une transformation lente.

B. Aciers trempés. — *Micrographie.* — Les aciers trempés présentent la même structure que les aciers ordinaires à même teneur en carbone, les conditions du traitement restant constantes.

*Propriétés mécaniques.* — Le Tableau suivant résume les propriétés mécaniques des aciers trempés à 875° dans l'eau à + 20°.

| Composition. | | Essai à la traction. | | | | Essai au choc. | Essai à la bille. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C. | Ta. | R. | E. | A pour 100. | Σ. | | |
| 0,120 | 0,09 | 65 | 46,2 | 14,5 | 71 | 30 | 159 |
| 0,170 | 0,15 | 62,1 | 45,7 | 15 | 73 | 28 | 153 |
| 0,180 | 0,60 | 65,8 | 46,6 | 13 | 74,9 | 31 | 155 |
| 0,160 | 1,05 | 70 | 49,1 | 10 | 55,8 | 28 | 169 |

L'influence de la présence de très faibles quantités de tantale se fait sentir un peu plus dans les aciers trempés que dans les aciers recuits.

Mais on notera que cette influence est sensiblement indépendante de la teneur en tantale, ou du moins croît très peu lorsque le pourcentage en cet élément augmente; mais les allongements diminuent considérablement, tandis que les strictions augmentent, au moins pour les faibles teneurs.

La résistance au choc est nettement plus élevée après trempe qu'avant ce traitement dans les trois premiers aciers, alors que les allongements ont singulièrement diminué.

*En résumé*, on voit que les aciers au tantale, du moins lorsqu'ils sont peu carburés, ne présentent aucune propriété qui mérite d'attirer l'attention, au contraire de ce que l'on a dit jusqu'ici.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques dérivés de la menthone.* Note de M. **Eyvind Bœdtker**, présentée par M. A. Haller.

MM. A. Haller et Bauer (1) ont vainement essayé de faire réagir les composés organomagnésiens sur les alcoylcamphres en vue d'obtenir des dérivés de la forme $C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix} CH\,R^I \\ | \\ C\left\langle\begin{matrix} OH \\ R^{II}\end{matrix}\right.\end{matrix}\right.$; ils ont attribué l'inaptitude réactionnelle du benzylcamphre, par exemple, vis-à-vis des organomagnésiens a un empêchement stérique.

Cet insuccès les ayant conduits à essayer le même réactif sur les alcoylidènecamphres, ils ont obtenu, au lieu des alcools tertiaires $C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix} C=C-R^I \\ | \\ C\left\langle\begin{matrix} OH \\ R^{II}\end{matrix}\right.\end{matrix}\right.$ cherchés, des composés de la forme $C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix} CH-CH\left\langle\begin{matrix} R^I \\ R^{II}\end{matrix}\right. \\ CO \end{matrix}\right.$, composés dans lesquels le radical hydrocarboné s'est fixé sur le groupe $=CH$ du complexe aldéhydique.

Dans nos recherches nous avons voulu nous assurer de la façon dont se comportent les organomagnésiens vis-à-vis de l'éthylmentone d'abord et de la benzylidènementhone ensuite.

Les organomagnésiens ne réagissent pas plus sur l'éthylmenthone qu'ils n'ont réagi sur le benzylcamphre de MM. A. Haller et Bauer. Ici encore il

(1) A. Haller et Bauer, *Comptes rendus*, t. CXLII, p. 677 et 971.

y a empêchement stérique de la part de l'alcoylmenthone. Nous nous sommes donc adressé à la benzylidènementhone. Nous avons préparé ce composé suivant la méthode de M. Wallach ([1]) avec les modifications apportées par M. Martine ([2]). Seulement, au lieu de séparer les deux formes de la benzylidènementhone, observées par ce dernier auteur, nous avons préféré distiller l'huile obtenue par la décomposition de l'hydrochlorobenzylidènementhone par la potasse, dans le vide. Alors tout distille à 189° sous $12^{mm}$ et le liquide jaune ainsi obtenu ne tarde pas à se prendre en cristaux.

Une dissolution éthérée de $24^g,3$ de benzylidènementhone est additionnée à une dissolution d'éthylbromure de magnésium dans l'éther, préparée par $4^g,8$ de magnésium et $21^g,8$ de bromure d'éthyle, soit le double des quantités calculées. Une très vive réaction a lieu, de sorte qu'il faut refroidir par la glace. Puis on verse dans l'eau glacée, on ajoute de l'acide sulfurique et l'on épuise par l'éther. L'éther distillé, il reste une huile qui, abandonnée dans une cloche à vide, à une température au-dessous de zéro, se prend en une masse qu'on purifie par cristallisation dans l'alcool. On obtient des feuilles blanches, fondant à 102°,5-103°,5 et répondant à la formule $C^{19}H^{28}O$.

En admettant l'analogie avec les dérivés correspondants du camphre, ce composé est un *menthoéthylphénylméthane* $C^8H^{16}\langle\begin{smallmatrix}CH - CH\langle\begin{smallmatrix}C^6H^5\\C^6H^5\end{smallmatrix}\\ | \\ CO\end{smallmatrix}$. Son pouvoir rotatoire en dissolution benzénique est $[\alpha]_D = -79°34'$. L'eau mère de ce corps abandonne de fines aiguilles qui, recristallisées, fondent à 83°-84°. Sa quantité ne suffisait pas pour une analyse. Si maintenant, en répétant l'expérience, on ajoute, avant de verser dans l'eau, $1^{mol}$ de chlorure de benzoyle ([3]) sur le mélange de l'éthylbromure de magnésium et de la benzylidènementhone, il y a de nouveau une vive réaction ([4]). Le produit obtenu est traité à la manière ordinaire, de sorte qu'on obtient un liquide éthéré qu'on distille. Il reste un corps visqueux qui est saponifié par la potasse alcoolique. Puis l'alcool est chassé et ce qui reste est versé dans l'eau et épuisé par l'éther. On évapore l'éther et le résidu est mis à cristalliser dans l'alcool bouillant. On obtient du premier coup des cristaux, qui fondent à 102°,5-103°,5, identiques par conséquent au corps que nous venons de décrire. L'eau mère abandonne encore un corps qui fond à 89°-91°. L'analyse montre qu'il s'agit d'un stéréo-isomère $C^8H^{16}\langle\begin{smallmatrix}CH - CH\langle\begin{smallmatrix}C^6H^5\\C^6H^5\end{smallmatrix}\\ | \\ CO\end{smallmatrix}$, bien qu'il ne soit pas absolument pur.

---

([1]) *Annalen der Chemie*, t. CCCV, p. 261.

([2]) Camille Martine, *Contribution à l'étude des menthones* (*Thèse*, Paris, 1904, p. 24).

([3]) Voir Kohler, *American chemical Journal*, t. XXXVII, p. 369.

([4]) Dans un travail encore inédit, MM. A. Haller et Bauer ont fait la même réaction avec divers alcoylidènecamphres et ont obtenu une série de stéréo-isomères.

La réaction qui a eu lieu est probablement la suivante :

$$\text{(I)}\quad 2\,C^8H^{16}\begin{cases} C = CHC^6H^5 \\ \mid \\ C\begin{cases} C^2H^5 \\ OMgBr \end{cases} \end{cases} + 2\,C^6H^5COCl = 2\,C^8H^{16}\begin{cases} C = CH - C^6H^5 \\ \mid \\ C\begin{cases} C^2H^5 \\ OOCC^6H^5 \end{cases} \end{cases} + MgCl^2 + MgBr^2,$$

$$\text{(II)}\quad C^8H^{16}\begin{cases} C = CHC^6H^5 \\ \mid \\ C\begin{cases} C^2H^5 \\ OOCC^6H^5 \end{cases} \end{cases} + H^2O = C^8H^{16}\begin{cases} CH - CH\begin{cases} C^6H^5 \\ C^2H^5 \end{cases} \\ \mid \\ CO \end{cases} + C^6H^5COOH.$$

En remplaçant le bromure d'éthyle par le bromure de phényle, nous avons obtenu directement un corps, cristallisant dans l'alcool bouillant sous la forme de fines aiguilles fondant à 139°-140°. L'analyse mène à la formule $C^{23}H^{28}O$. C'est donc un *menthodiphénylméthane*

$$C^8H^{16}\begin{cases} CH - CH\begin{cases} C^6H^5 \\ C^6H^5. \end{cases} \\ \mid \\ CO \end{cases}$$

En dissolution benzénique, ce corps dévie faiblement à droite.

En ajoutant au mélange de benzylidènementhone et de phénylbromure de magnésium du chlorure de benzoyle, et opérant comme il est dit plus haut, on obtient des stéréo-isomères. Nous avons réussi à en isoler deux par cristallisation fractionnée dans l'alcool. L'un fond à 160°,5-161°,5. Son pouvoir rotatoire dans le benzène est $[\alpha]_D = -158°30'$. L'autre, le produit principal, fond à 136°-137°. Sa dissolution benzénique est inactive.

Si le corps obtenu directement, point de fusion 139°-140°, est mélangé avec son isomère de point de fusion 136°-137°, ce mélange fond à 130°.

L'action de la potasse alcoolique, sur le corps fondant à 139°-140°, le transforme dans son isomère de point de fusion 136°-137°, qui est d'un aspect absolument différent.

Nous avons, en outre, préparé les menthométhyle-, normalpropyle-, isobutyle- et isoamyle-phénylméthane. Mais, jusqu'à présent, nous n'avons pu les obtenir qu'à l'état de sirops et l'analyse montre qu'ils ne sont pas encore purs.

Ces recherches seront poursuivies.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur deux nouveaux glucosides, la linarine et la pectolinarine.* Note de M. T. **Klobb**, présentée par M. A. Haller.

1. Il existe dans les fleurs et les feuilles de *Linaria vulgaris* (Scrofularinées) deux glucosides dont la véritable nature avait été méconnue jusqu'ici. La

première de ces substances, aperçue d'abord par MM. Schlagdenhauffen et Reeb, avait reçu le nom d'*acide linarique* à cause de la propriété qu'elle possède de se dissoudre dans les alcalis ([1]).

Dans un travail publié en collaboration avec M. Fandre, nous avons constaté depuis que ce corps ne se dissout ni dans l'ammoniaque ni dans les carbonates alcalins, et n'est par conséquent pas un acide; nous lui avons alors donné le nom *linarine;* nous avons observé en outre que, sous l'influence des agents oxydants, il se change en un corps volatil en $C^9H^{10}O^2$ sur la nature duquel je reviendrai prochainement ([2]). En réalité, on se trouve en présence d'un glucoside très stable qui n'est pas hydrolysé par les acides faibles à la température du bain-marie mais se scinde seulement par HCl à 10 pour 100 à 100°-110°, ou par HCl concentré et froid.

La *pectolinarine* avait été signalée par M. Schlagdenhauffen comme une substance gélatineuse rappelant les composés pectiques; ce second corps est également un glucoside mais qui se dédouble facilement par les acides faibles.

Ces deux glucosides présentent entre eux des rapports étroits. La pectolinarine diffère de la linarine par de l'eau de constitution en plus. Soumis à l'hydrolyse ils se donnent tous deux un sucre réducteur non encore étudié et un mélange de deux corps cristallisés, le *phénol linarique* et le *phénol anhydrolinarique,* qui diffèrent également entre eux par $1^{mol}$ d'eau. Sous l'influence des alcalis la pectolinarine se change en une modification β qui à l'hydrolyse donne exclusivement du phénol linarique; et la linarine dans les mêmes conditions se transforme en linarine β qui à l'hydrolyse fournit uniquement du phénol anhydrolinarique.

2. J'ai déjà décrit la préparation de la *linarine* (*loc. cit.*). Fines aiguilles presque insolubles dans les dissolvants, sauf dans l'acide acétique HCl et $AzO^3H$ concentrés. Ce glucoside jouit du pouvoir rotatoire gauche. A la température de 16°, dissous dans HCl pur puis additionné de $2^{vol}$ d'eau (concentration 1,2 pour 100) la rotation correspond à $\alpha = -61°,8$. Lorsqu'on le soumet à l'hydrolyse dans les conditions indiquées plus haut, on voit au microscope qu'il se forme des cristaux de deux sortes : de fines et longues aiguilles (le phénol anhydrolinarique) et de gros cristaux jaune citron (le phénol linarique) que je n'ai pas encore réussi à séparer par des dissolvants.

La *pectolinarine* se retire par l'alcool à 50° du mélange des deux glucosides

---

([1]) Schlagdenhauffen et Reeb, *Journ. de pharm. d'Alsace-Lorraine,* 1901 et 1902.

([2]) Klobb et Fandre, *Bull. Soc. chim. de Paris,* t. XXXV, 1906, p. 1210.

que fournit l'extraction de la plante par l'alcool à 95° à l'état de pureté; c'est un corps amorphe jaune paille fondant à 188°-190°, bloc Maq. (p. f. instantané). Presque insoluble dans l'eau froide, il se dissout dans l'eau et dans l'alcool bouillant et se dépose de nouveau en globules arrondis jaunâtres; les solutions saturées gélatinisent par refroidissement. Comme la linarine, elle est très soluble dans HCl concentré et dans KOH. Bouillie longtemps avec de l'eau *elle se transforme en linarine cristallisée* insoluble, en perdant de l'eau de constitution.

3. *Phénol linarique* $C^{19}H^{14}O^{7}$. — Pour l'obtenir à l'état de pureté, il faut d'abord transformer la pectolinarine dans sa modification β. Pour cela, on en dissout 1g dans 15cm³ KOH normale, on abandonne 24 heures, on étend de 200g d'eau, on neutralise exactement, on ajoute encore 20cm³ HCl, puis on chauffe à 85°-90°. Après 2 heures, on sépare le phénol, on le purifie par l'acétone, puis par l'acide acétique cristallisable; ces derniers cristaux, chauffés à 100°-110°, perdent leur acide acétique et laissent le corps pur. Beaux cristaux jaune citron fondant à 245°, qui ont la propriété caractéristique de se dissoudre dans la soude en donnant ensuite au contact de l'air un précipité floconneux vert foncé. L'anhydride acétique donne un dérivé acétylé dont l'analyse correspond à

$$C^{19}H^{10}O^{7}(C^{2}H^{3}O)^{4} \quad \text{ou} \quad C^{19}H^{11}O^{7}(C^{2}H^{3}O)^{3}.$$

*Phénol anhydrolinarique* $C^{19}H^{12}O^{6}$. — Pour le préparer, on transforme d'abord la linarine en sa modification β, en opérant absolument comme pour la pectolinarine; seulement l'hydrolyse se fait à 100°, à reflux. Après 2 à 3 heures, on reprend par l'acétone le phénol formé, puis on le purifie par l'alcool ou l'acide acétique cristallisable. Fines aiguilles jaune paille fondant à 267°-268°. Sous l'influence de la soude, il y a dissolution en une liqueur jaune d'or sans trace de flocons verts (diff. avec le phénol linarique). L'anhydride acétique donne un dérivé acétylé $C^{19}H^{9}O^{6}(C^{2}H^{3}O)^{3}$.

4. Il serait prématuré de présenter ici des considérations théoriques. Par l'analyse et la cryoscopie dans le phénol, j'étais arrivé avec M. Fandre, pour la linarine, à l'une des deux formules $C^{14}H^{14}O^{7}$ ou $C^{14}H^{16}O^{7}$; de nouvelles analyses plaident plutôt en faveur de la première. D'ailleurs, ces formules doivent être modifiées pour exprimer les résultats que fournit l'hydrolyse. Or, si l'on prend le multiple $C^{50}H^{50}O^{25}$ de la première et si l'on admet que le sucre formé est une hexose, on pourra représenter provi-

soirement l'hydrolyse de la linarine α par l'équation

$$C^{50}H^{52}O^{25} = \underbrace{C^{19}H^{15}O^{7}}_{\text{Phénol linarique.}} + \underbrace{C^{19}H^{12}O^{6}}_{\text{Phénol anhydrolinarique.}} + 2(C^{6}H^{12}O^{6}).$$

Je me réserve de continuer l'étude de ces glucosides et de leurs produits de dédoublement.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Sur l'obtention des températures élevées dans les recherches de laboratoire.* Note de M. **Léon Guillet**, transmise par M. H. Le Chatelier. (Extrait.)

M. Chabrié a présenté, dans la séance du 16 juillet dernier, une Note dans laquelle il signale l'emploi de l'aluminothermie comme moyen de chauffage des creusets dans les laboratoires. J'ai employé exactement cette méthode en 1901 et 1902, dans mes recherches sur les alliages d'aluminium, et je l'ai décrite en détail dans mon traité : *Étude théorique des alliages métalliques* (¹).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Mode de répartition du glycogène musculaire chez les sujets alimentés et inanitiés. Influence des saisons sur la richesse des muscles en glycogène.* Note de M. **F. Maignon**, présentée par M. A. Chauveau.

Nos expériences ont porté sur le chien : les animaux étaient sacrifiés par effusion de sang et les muscles prélevés immédiatement après la mort. Les dosages de glycogène ont été effectués, au moyen de la méthode Frænkel-Garnier, sur $20^{g}$ de tissu.

1° *Teneur en glycogène des muscles de même nom droits et gauches. Influence de l'inanition.* — De très grandes inégalités existent, dans la richesse en glycogène, entre les divers muscles d'un même animal. Aldehoff, sur le cheval, a trouvé des chiffres pouvant varier de 6,8 à 13,4 pour 1000. Sur le chien, Cramer donne de 0,77 à 5,3 pour 1000. Nous avons recherché si de pareilles différences peuvent s'observer entre des muscles de même

(¹) *Étude théorique des alliages métalliques*, p. 30. Dunod et Pinat, éditeurs, 1904.

nom, droits et gauches, et si ces différences sont influencées par l'inanition.

Nos recherches ont porté surtout sur les muscles de la cuisse et en particulier sur le biceps fémoral. Les organes, prélevés en entier, étaient nettoyés, pesés et hachés très finement, en ayant soin de brasser la pulpe afin d'obtenir un mélange bien homogène. Le glycogène était dosé dans 20$^g$ de cette pulpe.

Les expériences, qui ont porté sur des chiens alimentés et inanitiés, nous ont montré qu'*il peut exister des différences très grandes dans la teneur en glycogène des muscles homologues, tantôt à l'avantage du muscle droit, tantôt du muscle gauche. Ces différences sont surtout marquées chez les sujets alimentés, elles s'atténuent sous l'influence de l'inanition.*

Dans le Tableau suivant, nous indiquons pour chaque groupe d'expériences l'écart maximum observé entre les quantités de glycogène et l'écart moyen. Le pourcentage est rapporté au chiffre fort de glycogène.

| | Écart moyen pour 100. | Écart maximum pour 100. |
|---|---|---|
| Chiens alimentés.................... | 21 | 36 |
| Chiens à jeun de 4 à 5 jours.......... | 13 | 21 |
| Chiens à jeun de 8 à 14 jours......... | 12 | 21 |

Nous voyons, d'après ces résultats, que l'écart maximum et l'écart moyen diminuent sous l'influence de l'inanition.

2° *Répartition du glycogène dans les différentes parties d'un même muscle.* — Nos expériences ont porté en grande partie sur le biceps fémoral du chien.

Nous avons comparé tout d'abord, au point de vue de la richesse en glycogène, les *parties moyennes du muscle* avec les *extrémités*. Nous avons trouvé des différences allant quelquefois du simple au double, à l'avantage des parties moyennes, qui sont toujours les plus riches.

En excluant les extrémités, nous avons recherché si la portion moyenne ne présente pas elle-même d'inégalités dans la répartition de son glycogène; pour cela, nous avons comparé successivement les moitiés symétriques par rapport à l'axe longitudinal de l'organe, et celles symétriques par rapport à l'axe transversal. Dans les deux cas, nous avons vu la répartition être très irrégulière.

Pour les *moitiés symétriques par rapport à l'axe transversal*, nous avons

étudié l'influence de l'inanition. Nous résumons nos résultats dans le Tableau suivant :

| | Égalité entre les quantités de glycogène des deux moitiés. | Écart moyen entre les quantités de glycogène. | Écart maximum. |
|---|---|---|---|
| Chiens alimentés | Dans 24 p. 100 des cas | 16 p. 100 | 31 p. 100 |
| Chiens à jeun de 3 à 7 jours | Dans 37 p. 100 des cas | 13 p. 100 | » |
| Chiens à jeun de 10 à 23 jours | Dans 50 p. 100 des cas | 9 p. 100 | » |

Il résulte de ce qui précède que *la répartition du glycogène dans les différentes portions d'un même muscle est très irrégulière, au point qu'il est impossible de trouver deux fragments voisins ayant, d'une façon certaine, la même teneur en glycogène.*

*Sous l'influence de l'inanition, la répartition tend à s'uniformiser.*

3° *Influence des saisons sur la teneur des muscles en glycogène.* — Ayant eu l'occasion de doser le glycogène musculaire, sur un grand nombre de chiens, nous avons été frappé des différences qui existaient entre les chiffres obtenus aux différentes époques de l'année.

Les dosages ont tous p rté sur le même muscle du chien, le biceps fémoral droit. Les animaux, avant de servir aux expériences, étaient conservés quelques jours au chenil et soumis à un régime uniforme, composé de soupe et viande cuite.

Les expériences ont porté sur trois années consécutives : 1904, 1905, 1906.

Il existe, à la même époque de l'année, des différences individuelles assez grandes dans la teneur en glycogène du même muscle. Malgré cela, si l'on fait la moyenne de tous les dosages du même mois et que l'on établisse la courbe de variation du glycogène aux différentes époques de l'année, on voit que cette courbe est assez régulière, comme en témoignent les chiffres suivants :

| | | Nombre de dosages. | Moyennes d'une année. | Moyenne générale. |
|---|---|---|---|---|
| Janvier | 1907 | 1 | 5,75 pour 1000 | 5,75 pour 1000 |
| Février | 1904 | 3 | 7,32 | 7,18 |
| | 1905 | 2 | 7,32 | |
| | 1906 | 4 | 7,01 | |
| Mars | 1904 | 2 | 8,22 | 8,17 |
| | 1905 | 3 | 8,85 | |
| | 1906 | 3 | 7,46 | |

| | | Nombre de dosages. | Moyennes d'une année. | Moyenne générale. |
|---|---|---|---|---|
| Avril | 1905.... | 5 | 6,09 pour 1000 | 6,03 pour 1000 |
| | 1906.... | 2 | 5,87 | |
| Mai | 1905.... | 3 | 6,58 | 6,58 |
| Juin | 1904.... | 2 | 4,06 | 4,46 |
| | 1905.... | 3 | 4,76 | |
| Juillet | 1905.... | 5 | 3,80 | 3,80 |
| Août | » .... | » | » | » |
| Septembre | 1905.... | 3 | 4,25 | 4,25 |
| Octobre | 1905.... | 3 | 5,25 | 5,25 |
| Novembre | » .... | » | » | » |
| Décembre | 1905.... | 5 | 4,37 | 4,37 |

Il résulte de l'examen de ces moyennes que *le taux du glycogène musculaire est très variable suivant les époques de l'année, il passe par un maximum, vers les mois de février, mars, à la limite de l'hiver et du printemps, et par un minimum, en été, au moment des fortes chaleurs, vers le mois de juillet.*

La différence entre le maximum et le minimum est plus du simple au double, le taux du glycogène musculaire pour le biceps fémoral du chien étant de 3,80 pour 1000 au mois de juillet et de 8,17 pour 1000 au mois de mars.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Toxicité relative des sels de chrome, d'aluminium et de magnésium ; comparaison avec les propriétés analogues des terres rares* Note de M. **Alexandre Hébert**, présentée par M. Armand Gautier.

Dans une Note précédente [1] j'ai étudié la toxicité des sels de terres rares : thorium, cérium, lanthane, zirconium, vis-à-vis de quelques animaux, végétaux et ferments figurés.

Ces terres rares appartenant au point de vue analytique au groupe de l'aluminium ou du chrome et, d'autre part, l'insolubilité de leurs oxalates et un grand nombre de leurs propriétés chimiques les rapprochant beau-

---

[1] *Comptes rendus,* t. CXLIII, p. 690. — *Journal de Physiologie et de Pathologie générale,* t. IX, p. 217. — *Bulletin de la Société chimique,* 3e série, t. XXXV, p. 1299.

coup des métaux alcalino-terreux, nous avons examiné, dans les mêmes conditions, la toxicité des sels de chrome, d'aluminium et de magnésium en opérant sur les sulfates $Cr^2(SO^4)^3$, 18 aq.; $Al^2(SO^4)^3$, 18 aq. et $SO^4Mg$, 7 aq.

Le sulfate de magnésium donne des solutions parfaitement neutres; celles de sulfate de chrome sont légèrement acides et celles de sulfate d'aluminium présentent, par suite de la dissociation du sel en solution, une acidité très forte et qui, traduite en acide sulfurique, atteignait dans nos expériences le tiers environ de la quantité du sel dissous.

Il convenait donc de comparer nos expériences sur les sels, avec des solutions d'acide sulfurique libre en proportions correspondantes à l'acidité des différentes solutions de sulfate d'aluminium mises en œuvre.

I. Les sulfates de chrome, d'aluminium ou de magnésium, administrés à des cobayes et à des grenouilles, en injections sous-cutanées, ne donnent lieu à aucun phénomène apparent, même en arrivant aux doses de $80^{mg}$ et de $160^{mg}$ par kilogramme d'animal. Les expériences sur les poissons, effectuées sur des vérons, ont été faites en mettant ces animaux dans les solutions à essayer et en disposant comparativement des témoins, l'un dans l'eau distillée, l'autre dans des solutions sulfuriques d'acidité correspondante à celle des solutions de sulfate d'aluminium employées. Tandis que les vérons résistent parfaitement plus de 24 heures dans l'eau distillée, dans les solutions de sulfate d'aluminium au-dessous de 1 pour 1000 et dans celles au sulfate de magnésium jusqu'à 10 pour 1000, ils succombent en quelques heures dans les autres solutions. Mais les résultats obtenus avec les solutions sulfuriques sont identiques à ceux trouvés avec celles de sulfate d'aluminium de même acidité; l'effet des solutions de ce dernier sel semble, par suite, dû à leur acidité et non à une action spécifique du métal.

Pour les plantes, les graines, germées au préalable dans l'eau distillée, étaient transplantées dans des solutions à teneurs croissantes des sels mis à l'étude, en conservant dans tous les cas des témoins en culture dans l'eau pure. Le sulfate de magnésium reste sans action; les cultures dans les sulfates de chrome, d'aluminium et dans les solutions sulfuriques d'acidité correspondante à ce dernier, prospèrent bien ou assez bien jusqu'à la teneur de 1 pour 1000; elles périssent rapidement pour les teneurs de 5 pour 1000 et au delà. La nocivité des solutions de sulfate d'aluminium paraît être due à leur acidité.

II. Au point de vue des organismes inférieurs et des ferments, nous avons essayé méthodiquement, et de la même façon que dans notre travail précédemment rappelé, l'action des sels de chrome, d'aluminium et de magnésium sur l'*Aspergillus niger*, la levure de bière, la diastase et l'émulsine. Ces diverses séries d'expériences ont donné, entre autres, les résultats suivants :

| Quantité de sel ajouté par litre. | | *Aspergillus.* — Poids sec recueilli. | Levure. — Glucose fermenté, pour 100. | Diastase. — Amidon saccharifié, pour 100. | Émulsine. — Acide cyanhydrique. |
|---|---|---|---|---|---|
| Témoin | | g 0,400 | 95,7 | 58,3 | odeur forte |
| Sulfate de chrome | 0,25 | 0,410 | 86,5 | 41,6 | odeur forte |
| | 0,50 | 0,390 | 92,7 | 27,2 | id. |
| | 1 | 0,400 | 92,7 | 22,7 | id. |
| | 2 | 0,400 | 21,7 | 25,0 | odeur faible |
| | 5 | 0,430 | 30,9 | 4,1 | traces |
| | 10 | 0,410 | 30,9 | 0,0 | odeur nulle |
| Sulfate d'aluminium | 0,25 | 0,390 | 98,8 | 21,7 | odeur forte |
| | 0,50 | 0,390 | 95,7 | 4,3 | odeur faible |
| | 1 | 0,420 | 98,8 | 0,0 | id. |
| | 2 | 0,440 | 98,8 | 0,0 | odeur nulle |
| | 5 | 0,410 | 98,8 | 0,0 | id. |
| | 10 | 0,090 | 77,2 | 0,0 | id. |
| Sulfate de magnésium | 0,25 | 0,370 | 83,3 | 68,0 | odeur forte |
| | 0,50 | 0,370 | 88,6 | 70,8 | id. |
| | 1 | 0,440 | 92,7 | 73,8 | id. |
| | 2 | 0,340 | 95,7 | 70,8 | id. |
| | 5 | 0,380 | 98,8 | 66,6 | id. |
| | 10 | 0,400 | 88,6 | 62,5 | id. |
| Acide sulfurique en quantité correspondante comme acidité à celle du sulfate d'aluminium à | 0,25 | 0,420 | » | 0,0 | odeur nulle |
| | 0,50 | 0,400 | 84,6 | 0,0 | id. |
| | 1 | 0,400 | 94,0 | 0,0 | id. |
| | 2 | 0,410 | 100,0 | 0,0 | id. |
| | 5 | 0,410 | 77,5 | 0,0 | id. |
| | 10 | 0,410 | 35,2 | 0,0 | id. |

On voit que, pour l'*Aspergillus*, la présence du sulfate de chrome, d'aluminium ou de magnésium exerce peu d'influence sur la récolte. L'action des mêmes sels sur la levure est peu manifeste pour le sulfate de magnésium et est nettement défavorable pour les teneurs en sulfate de chrome au delà de 1 pour 1000; elle paraît, au contraire, favorisée par la présence de sulfate d'aluminium, peut-être par l'acidité provoquée par la dissociation de ce sel.

L'action des ferments solubles n'est aucunement entravée par la présence du sulfate de magnésium; elle est nettement gênée par le sulfate de chrome et surtout par le sulfate d'aluminium, même aux doses très faibles; mais

cette dernière action est due à l'acidité des solutions de sulfate d'aluminium, le même effet étant produit, en effet, par des solutions sulfuriques d'acidité correspondante.

Si l'on se reporte aux résultats indiqués dans notre Mémoire précédent sur la toxicité des terres rares et si on les compare à ceux que nous venons de constater, on peut classer tous ces métaux dans l'ordre suivant, par toxicité décroissante au point de vue général des organismes étudiés :

Zirconium, thorium, chrome, aluminium, cérium, lanthane, magnésium.

Il n'y a aucune relation entre la toxicité ou le pouvoir antiseptique de ces métaux, d'une part, et leur poids atomique, leur valence ou leur ordre de classification chimique, d'autre part. Les quatre premiers métaux, zirconium, thorium, aluminium et chrome, sont nettement toxiques pour les animaux ou organismes inférieurs, soit par eux-mêmes, soit par l'acidité de leurs solutions, tandis que les trois derniers : cérium, lanthane, magnésium, jouissent d'une innocuité plus ou moins complète.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence des acides sur l'action de la laccase.* Note de M. **Gabriel Bertrand**, présentée par M. E. Roux.

Les expériences que j'ai publiées en 1897 sur le rôle du manganèse dans les phénomènes d'oxydation provoqués par la laccase conduisent à envisager celle-ci comme une sorte de sel se dédoublant, par l'action de l'eau, en un corps organique, comparable à un acide faible, et en protoxyde de manganèse

$$R''Mn + H^2O = R''H^2 + MnO.$$

Cette conception laisse prévoir que la plupart des acides doivent intervenir d'une manière défavorable sur le processus oxydant de la laccase. Il est clair, en effet, qu'un corps électro-négatif d'énergie supérieure au complexe $R''H^2$ doit déplacer celui-ci et donner, en s'emparant du manganèse, un système moins facilement hydrolysable, moins apte, par conséquent, à entrer en jeu dans la série catalytique de réactions dont mes expériences ont établi la probabilité. Bien plus, comme l'activité du corps $R''H^2$ est sans doute très faible, la sensibilité de la laccase aux acides doit être très grande.

L'expérience montre qu'il en est bien ainsi, qu'une quantité extraordi-

nairement petite de certains acides suffit pour entraver et même pour annuler l'action de la laccase.

Je me suis servi, comme réaction d'épreuve, de la transformation du gayacol en tétragayacoquinone. A $5^{cm^3}$ de solution aqueuse de gayacol à 2 pour 100, on ajoutait des quantités connues d'acide et de laccase et l'on complétait avec de l'eau le volume de $10^{cm^3}$. Quand il y avait oxydation diastasique, on voyait le mélange se colorer en rouge puis laisser déposer une poudre microcristalline de couleur pourpre.

La laccase provenait du latex de l'arbre à laque du Tonkin (*Rhus succedanea* Linné fils). Elle était très active, car $\frac{1}{250000}$ donnait déjà en 24 heures une coloration rose très nette à la solution de gayacol au centième. Avec une dose de $\frac{1}{4000}$, la coloration apparaissait dans un intervalle de 5 à 10 minutes et la tétragayacoquinone commençait à se déposer après 1 heure et demie environ. Or, il suffisait d'une quantité d'acide sulfurique correspondant à la dilution d'une demi-molécule-gramme ($49^g$) dans $2000^l$ d'eau $\left(\frac{1}{2000} \text{ normale ou } \frac{N}{2000}\right)$ pour annuler l'action de la laccase au $\frac{1}{4000}$. Il ne se faisait pas de tétragayacoquinone; malgré une attente de 24 heures, le mélange restait incolore et limpide. Une dilution $\frac{N}{60000}$ arrêtait la laccase au $\frac{1}{259000}$.

Les quantités d'acide qui, sans paralyser aussi complètement le ferment soluble, entravent son action d'une manière appréciable, sont beaucoup plus petites. J'ai trouvé, avec une solution de laccase au $\frac{1}{10000}$ dans le gayacol à 1 pour 100, que l'acide sulfurique est encore nettement actif à l'incroyable dilution d'une demi-molécule-gramme dans $500\,000^l$, c'est-à-dire à la dilution absolue de $\frac{1}{100000000}$ environ.

Si l'on se souvient qu'à l'aide du papier tournesol très sensible on ne décèle plus l'acide sulfurique à la dilution $\frac{N}{2000}$, on peut apprécier combien la laccase dépasse en sensibilité les meilleurs réactifs de la Chimie.

L'acide sulfurique n'agit pas seul avec cette remarquable activité.

J'ai examiné toute une série d'acides. Les suivants paralysent la laccase au $\frac{1}{4000}$ à la dose de 1 molécule-gramme dans $2000^l$ :

Chlorhydrique, phosphorique, arsénique, formique, acétique, butyrique normal, benzoïque, lactique.

On obtient le même effet avec une demi-molécule-gramme des acides ci-dessous :

Sulfurique, oxalique, tartrique, citrique;

Ou bien 1 molécule-gramme de sulfate acide de potassium, d'oxalate acide de potassium.

Le bitartrate de potassium et le citrate monopotassique sont un peu moins actifs, mais paralysent encore à la dose voisine de 1 molécule-gramme dans $1000^l$.

A côté de ces acides, doués d'une activité paralysante considérable, il y en a d'autres qui, au contraire, sont, pour ainsi dire, inactifs à toutes concentrations. Ce sont :

L'acide borique, l'acide carbonique, l'acide phosphorique et l'acide arsénique dont un des atomes d'hydrogène fonctionnels a été remplacé par du potassium ou du sodium; enfin, l'acide citrique dont $2^{at}$ d'hydrogène acides, sur $3^{at}$, ont été remplacés par un métal alcalin.

Avec tous ces corps, acides au tournesol et à la phtaléine du phénol, il y a encore oxydation diastasique au voisinage de la concentration $\frac{N}{1}$.

Ainsi, au point de vue de leur action sur la laccase, il existe dans les acides deux types d'hydrogène fonctionnel : l'un, doué d'une activité considérable, pouvant, à des doses infimes, arrêter toute oxydation; l'autre, au contraire, inactif ou pour ainsi dire inactif.

Il est encore difficile d'expliquer d'où provient cette différence. Cependant, si l'on consulte les Tables des chaleurs de neutralisation des acides, on remarque que tous les hydrogènes actifs sur la laccase dégagent, quand on les remplace par du sodium, au moins $12^{Cal},5$. Les hydrogènes inactifs dégagent au plus, dans les mêmes conditions, $11^{Cal},6$.

L'acide phosphorique qui renferme trois hydrogènes acides dégage, quand on le sature par une seule molécule de soude, $14^{Cal},7$; une deuxième molécule de soude ne donne plus que $11^{Cal},6$, et la troisième que $7^{Cal},3$. Conformément à la remarque ci-dessus, le premier hydrogène acide est seul actif sur la laccase.

Pratiquement, il y a une relation étroite entre la façon dont les acides ou leurs sels se comportent avec la laccase et leur action sur les indicateurs colorés. Les composés actifs sont acides à la fois à la phtaléine du phénol, au tournesol et à l'hélianthine. Les composés inactifs réagissent comme acides seulement à la phtaléine et au tournesol; ils sont neutres à l'hélianthine [1].

Ces faits nous donnent une première indication sur le degré d'activité chimique du complexe électro-négatif qui, dans la laccase, est associé au

---

[1] L'acide citrique (avec ses sels alcalins) se comporte régulièrement vis-à-vis des indicateurs colorés; cependant, ses trois carboxyles ont donné à peu près la même chaleur de neutralisation.

manganèse. Ils nous montrent avec quel soin il faut étudier, au point de vue qualitatif et quantitatif, la réaction des milieux où s'accomplissent des transformations diastasiques. Enfin, ils nous fournissent le moyen d'amener au maximum d'activité les solutions de laccase que paralyserait un acide trop fort; c'est la neutralisation, en présence d'hélianthine, à l'aide d'un sel alcalin de la série des acides inactifs.

Ce qui augmente l'intérêt de ces faits, c'est leur extension vraisemblable à d'autres ferments solubles. Ainsi, d'après les observations de Fernbach, corroborées par celles de Maquenne et Roux, la saccharification de l'amidon par l'extrait de malt atteint son maximum d'intensité dans un milieu contenant des phosphates primaires, mais exempt d'acide phosphorique libre, c'est-à-dire neutralisé exactement à l'hélianthine. Cela indique, peut-être, que la diastase du malt se rapproche, à des points de vue insoupçonnés, de l'oxydase de l'arbre à laque.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence des sels de manganèse sur les levures alcooliques.* Note de MM. **E. Kayser** et **H. Marchand**, présentée par M. L. Maquenne.

M. Dubourg nous a fait connaître des levures, isolées de lies de Sauternes [1], qui peuvent faire disparaître le lévulose plus rapidement que le glucose; elles présentent de l'intérêt pour la mise en fermentation des moûts de raisins riches en sucre, bien qu'elles soient douées d'un faible pouvoir alcoogène et qu'elle soient incapables de déterminer la fermentation. Dans une Note précédente [2] nous avions émis l'idée que l'accoutumance des levures alcooliques aux sels de manganèse pourrait permettre d'obtenir des fermentations plus complètes de jus de raisins sucrés, en faisant disparaître le lévulose, sucre plus difficile à se transformer en alcool que le glucose, et en donnant des vins de meilleure conservation; l'expérience a donné raison à nos prévisions.

De l'eau de touraillons très diluée a été additionnée simultanément de doses variables de glucose et de lévulose et ensemencée avec deux levures de champagne (n$^{os}$ 1 et 4) et de deux levures de sauternes (n$^{os}$ 42 et 110); les levures accoutumées à 3 pour 1000 de sels de manganèse portent la men-

(1) *Revue de Viticulture*, n° 2, 1897.
(2) *Comptes rendus*, 2 avril 1907.

tion *bis,* les quantités de chaque sucre restant dans les liquides fermentés sont dosées par la liqueur cupropotassique et le polarimètre.

*Quantités de sucre par litre.*

| | Lévulose. (a.) | Glucose. (a.) | Lévulose. (b.) | Glucose. (b.) | Lévulose. (c.) | Glucose. (c.) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | g | g | g | g | g | g |
| Témoins : | 80,48 | 163,12 | 167,53 | 81,77 | 123,96 | 127,04 |
| Liquides fermentés. | | | | | | |
| Levure 1...... | 13,97 | 8,58 | 30,38 | 5,12 | 26,05 | 6,95 |
| » 4...... | 6,80 | 6,12 | 9,37 | 4,28 | 9,63 | 5,74 |
| » 4 *bis* ... | 6,92 | 5,68 | 8,21 | 3,55 | 0 | 2,68 |
| » 42..... | 34,43 | 16,33 | 37,78 | 2,22 | 38,18 | 10,82 |
| » 42 *bis*... | 24,95 | 9,25 | 31,25 | 0,65 | 25,41 | 4,29 |
| » 110.... | 7,24 | 6,16 | 5,18 | 4,58 | 6,95 | 4,70 |
| » 110 *bis*.. | 3,63 | 5,97 | 3,23 | 5,44 | 1,52 | 7,73 |

Le dosage des sucres restants, exprimés en sucre interverti, a appris que les levures *bis* ont toujours poussé la fermentation plus loin ; les différences sont attribuables pour les levures 1 et 42 surtout à une plus grande disparition du glucose, pour les levures 4 et 110, aimant le lévulose, à une plus forte disparition du lévulose. Ceci se montre facilement en calculant les proportions centésimales des sucres restants et en comparant les rapports $\frac{L}{Gl}$ à l'origine et à la fin de la fermentation ; nous donnons seulement les résultats pour le moût *b*, bien que ceux de *c* soient aussi intéressants.

| | Proportions pour 100 des sucres disparus. Lévulose. | Glucose. | Rapport $\frac{L}{Gl}$. |
|---|---|---|---|
| Témoin *b*.......... | » | » | 2,04 |
| Levure 1......... | 81,8 | 93,7 | 6,25 |
| » 4......... | 94,4 | 93,5 | 1,49 |
| » 4 *bis*...... | 95,0 | 95,6 | 0,19 |
| » 42......... | 77,4 | 97,2 | 16,9 |
| » 42 *bis*...... | 81,3 | 99,2 | 50,0 |
| » 110......... | 96,9 | 94,3 | 1,15 |
| » 110 *bis*...... | 98,0 | 93,3 | 0,62 |

L'accoutumance aux sels de manganèse peut encore être utilisée avec avantage dans les pays chauds où la fermentation est quelquefois lente.

Deux levures d'Algérie n^os^ 9 et 12 ayant fait disparaître, dans un moût

à 190g,34 de sucre interverti par litre, des proportions de 67,6 et 67,9 pour 100 de sucre à 35° ont été accoutumées aux sels de manganèse et ensemencées dans deux moûts sucrés, abandonnés à la température de 33°, maintenue constamment.

| | Quantités par litre. | | Proportion centésimale disparue. | |
|---|---|---|---|---|
| Sucre à l'origine...... | 228g. | 282g,4. | | |
| Liquides fermentés (sucre restant). | — a. | — b. | a. | b. |
| Levure 9........ | 60,64 | 118,60 | 73,4 | 58,0 |
| » 9 *bis*..... | 15,40 | 100,00 | 93,3 | 64,5 |
| » 12........ | 41,9 | 145,74 | 81,1 | 48,4 |
| » 12 *bis*..... | 40,7 | 84,74 | 82,1 | 70,0 |

On voit combien il convient d'être prudent dans l'interprétation des résultats obtenus par l'emploi de levures sélectionnées dans les industries de fermentation : richesse saccharine, acidité du milieu, température, race de levure, âge, état, *origine et accoutumance* de la levure sont autant de facteurs qui jouent chacun souvent un rôle prépondérant pour la quantité de sucre restant et par suite la conservation de la boisson alcoolique. Chaque levure demande à être étudiée spécialement à cet égard.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Du chromogène urinaire faisant suite à l'administration d'acide indolcarbonique*. Note de MM. **Ch. Porcher** et **Ch. Hervieux**, présentée par M. Dastre.

Nous rappellerons tout d'abord que l'urine d'un animal auquel on a administré de l'indol proprement dit $C^6H^4 \langle \begin{smallmatrix} CH(3) \\ \\ AzH(1) \end{smallmatrix} \rangle CH(2)$, additionnée à froid de leur volume de HCl fort, puis d'un oxydant, donne *principalement* de l'indigo bleu ([1]). L'obtention de ce dernier dans les conditions que nous venons de spécifier caractérise d'une façon indiscutable l'existence dans l'urine de chromogènes dérivés *directement* de l'indoxyle (indican, chromogène glycuronique).

([1]) Nous disons *principalement*, car il y a toujours formation simultanée d'une proportion d'indirubine variant avec les conditions d'oxydation et la nature de l'oxydant.

Quand on fait ingérer les homologues de l'indol : scatol (méthylindol-3), méthylcétol (méthylindol-2) diméthylindol-2.3, éthylindol, aux divers animaux d'expériences : chiens, chèvres, lapins, poules, les urines de ces derniers présentent des réactions différentes ainsi que nous l'avons déjà montré ([1]).

Additionnées à froid de leur volume de HCl fumant, elles deviennent rapidement roses, puis rouges. La couleur se rassemble avec le temps, au fond, en flocons très déliés, laissant au-dessus d'eux une liqueur à peu près décolorée. Ces flocons ne sont solubles ni dans le chloroforme, ni dans l'éther; ce n'est donc pas de l'indirubine. Ils passent très facilement dans l'alcool amylique et le spectre de la solution est également différent de celui de l'indirubine. De ceci il semble donc bien résulter que les homologues de l'indol dont il vient d'être question ne perdent pas *purement* et *simplement* leurs chaînes latérales dans leur passage à travers l'économie, car, s'il en était ainsi, leur forme d'élimination devrait être celle de l'indol, c'est-à-dire un dérivé de l'indoxyle. L'expérimentation montre qu'il n'en est pas ainsi.

Toutefois, dans le sens opposé, on ne saurait avancer non plus que les chaînons $CH^3$, $C^2H^5$, fixés au noyau pyrrolique de l'indol, restent inaltérés. Sans préjuger des modifications qui doivent les atteindre, on peut dire que leur présence imprime, aux transformations que l'organisme fait subir à la molécule à laquelle ils appartiennent, une allure différente de celle qui est prise par l'indol lui-même. Celui-ci, comme on le sait, mène *directement* aux chromogènes indoxyliques; rien de semblable ne se passe avec les homologues de l'indol.

Il était, de plus, intéressant, croyons-nous, de nous adresser maintenant à l'acide indolcarbonique ([2]) : $C^6H^4 \begin{matrix} \diagup CH \\ \diagdown AzH \end{matrix} \!\!\! \diagup C - CO^2H$ ou à son éther-éthylique qui, dans les conditions expérimentales où nous nous sommes placés, donne les mêmes résultats.

Notre idée directrice était que l'acide indolcarbonique devait perdre facilement son $CO^2$, nous en verrons la raison plus loin, pour fournir de l'indol qui, finalement, aurait donné lieu à une élimination urinaire de chromogène indoxylique. Il n'en a rien été comme on va le voir.

---

([1]) *Comptes rendus*, 27 juin 1904; *Soc. Biolog.*, t. I, 1906, p. 607; *Soc. Biolog.*, t. I, 1907, p. 994 et 996.

([2]) I. Fischer, *Ann. Liebig*, t. 236, p. 242.

Deux jeunes chiens de la même portée, de $2^{kg},5$ environ chacun, reçoivent, par la bouche, le premier $0^{g},25$ d'indol, le deuxième une quantité équimoléculaire d'acide indolcarbonique, c'est-à-dire $0^{g},35$. Alors que les urines du premier sont riches en composés indoxyliques, au point même de devenir assez rapidement bleues, par la formation d'indigo faisant suite à la décomposition préalable du chromogène à radical glycuronique qu'elles contiennent à côté de l'indican ; il n'en est pas de même de celles du second ; elles ne deviennent nullement indiguriques. Additionnées à froid de leur volume de HCl fumant et d'une goutte ou deux d'oxydant faible, elles prennent immédiatement une teinte violet fleur de lin qui ne paraît passer que très difficilement dans le chloroforme; mais, fait curieux, si les urines ont été concentrées au vide, la forte coloration, qui se produit dans les conditions qui viennent d'être indiquées, passe très aisément dans le chloroforme en colorant celui-ci en violet-améthyste et dans l'alcool amylique en faisant prendre à ce dernier solvant une coloration rouge vineux.

*La solution chloroformique, lavée à l'eau, se décolore instantanément quand on l'agite avec une solution alcaline très diluée; la liqueur aqueuse surnageante acidulée à nouveau par* HCl *reprend la teinte violet fleur de lin qui peut repasser dans le chloroforme.*

Ainsi, rien dans les réactions de cette matière colorante n'indique qu'il s'agit d'un dérivé direct de l'indoxyle. Le groupement carboxyle de l'acide indolcarbonique a donc une stabilité qui, à première vue, a lieu de nous surprendre. En effet, *a priori,* il était vraisemblable de supposer que l'acide indolcarbonique, tout comme l'indol proprement dit, s'oxyderait par le sommet carboné en position 3. Dans ces conditions, si l'indol donne de *l'indoxyle :* $C^6H^4 \left\langle \begin{matrix} C-OH \\ \\ AzH \end{matrix} \right\rangle CH$ l'acide indolcarbonique aurait dû nous fournir de l'*acide indoxylcarbonique :* $C^6H^4 \left\langle \begin{matrix} C-OH \\ \\ AzH \end{matrix} \right\rangle C-CO^2H$ qui, comme on le sait, est peu stable et perd aisément son $CO^2$ aussi bien *in vitro* que dans l'organisme [1]. Conséquemment, à l'acide indolcarbonique administré aurait dû faire suite dans l'urine des chromogènes indoxyliques; ce n'est pas, ainsi qu'on vient de le constater, ce que nous avons obtenu.

---

(1) *Soc. Biolog.,* t. I, 1907, p. 996.

BOTANIQUE. — *Sur le Caféier nain de la Sassandra,* Coffea humilis *A. Chev.* Note de M. **Aug. Chevalier** ([1]), présentée par M. Edmond Perrier.

Nous avons rencontré en grande abondance, aux environs de Guideko (moyenne Sassandra), une nouvelle espèce de Caféier de taille beaucoup plus petite que toutes les espèces connues, appelée *Serakuro* par les indigènes. Sa hauteur varie de $0^m,20$ à $1^m$, avec une moyenne de $0^m,25$ à $0^m,50$. Le plus souvent, la tige qui est simple et se termine seulement par 6 à 10 paires de feuilles opposées, porte également parfois quelques baies rouges. Rares sont les exemplaires sur lesquels on peut compter de 4 à 6 rameaux grêles, étalés presque horizontalement, longs de $30^{cm}$ à $40^{cm}$ et pourvus d'un bouquet de feuilles à leur extrémité.

La plupart des exemplaires nains que nous avons vus paraissent âgés, la partie supérieure en est desséchée (ou bien ils ont été broutés) de sorte que l'unique tige de $3^{mm}$ à $4^{mm}$ de diamètre naît latéralement à une hauteur de $3^{cm}$ à $10^{cm}$ du sol.

Le *Coffea humilis* croît dans les parties les plus ombreuses de la forêt, au-dessous de grands arbres qui ne laissent subsister à leurs pieds que des sous-bois très clairsemés. Il est souvent très dispersé, et il faut parfois faire des kilomètres le long d'un sentier de forêt pour en rencontrer quelques exemplaires alors que dans d'autres endroits il foisonne et que les individus sont écartés de moins de $1^m$ les uns des autres.

L'une des principales particularités de cette plante est d'être très peu fructifère. Les exemplaires portant 5 fruits sont rares; ces fruits sont, il est vrai, insérés au même verticelle. Le plus souvent on rencontre seulement 1, 2 ou 3 fruits sur un arbuste, ou même pas du tout.

La forme de ces fruits est très variable, elliptique ou ovoïde le plus souvent, mais, parfois aussi, globuleuse.

10 fruits frais et mûrs ont donné un poids de $20^g$; 5 fruits renfermaient 10 graines qui, fraîches et entourées de leur pulpe, pesaient $4^g$; 9 graines fraîches décortiquées et lavées pèsent $2^g$. Il faudrait donc 4500 graines ou 2250 cerises pour obtenir $1^{kg}$ de café, en admettant que les graines ne per-

---

([1]) M. Aug. Chevalier est actuellement chargé d'une mission de botanique forestière dans la Côte d'Ivoire, sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique, du Muséum et du Gouvernement général de l'Afrique occidentale. E. Perrier.

dent pas de poids par la dessiccation, ce qui n'est pas le cas. Ajoutons que, comme on doit compter seulement en moyenne 3 fruits par pied sauvage, il faudrait plus de 750 pieds pour obtenir $1^{kg}$ de café.

L'espèce que nous avons découverte dans la Sassandra ne constitue donc, à l'heure actuelle, qu'une curiosité botanique.

Toutefois, si, par des analyses ultérieures, il était reconnu que son grain présente des qualités spéciales, il serait facile de l'améliorer et d'en augmenter considérablement le rendement, comme on l'a fait pour les espèces du Congo qui, elles aussi, étaient très peu fertiles à l'état sauvage.

Les graines de *Coffea humilis* présentent, comme les cerises, de très grandes différences dans leur forme et leurs dimensions. Leur longueur varie de $12^{mm}$ à $17^{mm}$ sur $5^{mm}$ à $8^{mm}$ de largeur, et, contrairement aux autres espèces sauvages dont les cerises ne renferment souvent qu'une seule graine, on rencontre dans cette espèce toujours deux graines, même dans les plus petites cerises.

Comme tous les Caféiers, le *Coffea humilis* possède une racine pivotante; elle est grêle, longue seulement de $15^{cm}$ à $25^{cm}$ et mesure $5^{mm}$ à $8^{mm}$ de diamètre à la base. Près du collet, elle présente quelques fines racines formant chevelu, mais elle n'est point ramifiée. Le sol dans lequel croît cet arbuste est constamment sec, mais toujours frais à la surface, ordinairement recouvert de feuilles mortes; au-dessous d'une mince couche d'humus, on trouve une terre jaunâtre, un peu argileuse, toutefois assez meuble et le sous-sol est granitique.

Diagnose. — *Coffea humilis* A. Chev. (nº **16406**, Herb. Chevalier). — Petits arbustes de sous-bois de la forêt, de $0^{m},50$ de hauteur. Écorce blanchâtre, cendrée, écailleuse. Jeunes rameaux comprimés glabres. Feuilles oblongues, insensiblement acuminées au sommet (acumen étroit ayant jusqu'à $10^{mm}$ de long), longuement atténuées, cunéiformes à la base, puis brusquement arrondies à la partie rétrécie, presque sessiles, ou avec un pétiole ne dépassant pas $3^{mm}$; elles sont coriaces, minces, papyracées, non ondulées, mais un peu plissées le long des nervures médianes, longues de $10^{cm}$ à $28^{cm}$ sur $4^{cm}$ à $7^{cm},5$ de largeur au milieu du limbe. De couleur vert rougeâtre quand elles sont jeunes, ces feuilles ne présentent point d'acarodomaties; la nervure médiane est tranchante, saillante aux deux faces mais surtout en dessus, nervures latérales au nombre de 9 à 12 saillantes, puis décurrentes le long de la nervure médiane en déterminant une petite fossette visible à la loupe de chaque côté de celle-ci. Stipules ovales-deltoïdes, apiculées au sommet, de $3^{mm}$ à $4^{mm}$ de long, dépassant le pétiole.

Fleurs insérées par 1-3 à l'aisselle des feuilles, brièvement pédicellées ($2^{mm}$ ou moins), accompagnées de deux paires superposées de bractées engainantes très courtes, dont l'une prend parfois un aspect foliacé donnant de petites folioles ovales longues de $10^{mm}$ à $15^{mm}$. Calice foliacé présentant 5-7, souvent 6, petits lobes foliacés, ovales, longs

de $2^{mm}$, larges de $1^{mm}$, ovales ou oblongs, obtus, qui tantôt tombent à la floraison et tantôt persistent jusqu'à la maturation; dans ce dernier cas, ces petits lobes restent dressés et acquièrent à la maturité du fruit une couleur vert jaunâtre. Corolle?

Fruits sessiles ou supportés par un pédicelle de $2^{mm}$, rouge à maturité, presque tous sphériques, alternés aux deux extrémités, mais surtout au sommet, avec une petite dépression terminale (disque) et un point central correspondant à l'insertion du style; le disque fait parfois saillie hors du tube du calice. Ces fruits toujours plus petits que ceux de *C. liberica* mesurent de $15^{mm}$ à $25^{mm}$.

Graines ovoïdes, plan-convexes, longues de $14^{mm}$ sur $7^{mm}$,5 de largeur; dépouillées de leur tégument, elles présentent une amande blanc verdâtre avec une fente beaucoup plus rapprochée d'un bord que de l'autre.

Le *Coffea humilis*, trouvé pour la première fois par M. Fleury, mon compagnon de voyage, à Guideko, dans la forêt, le 19 janvier dernier, n'est sans doute pas la seule plante spontanée de ce genre qui existe à la Côte-d'Ivoire. Le *Coffea liberica* Bull. reste toujours à découvrir. Les Agni nous ont signalé un Caféier sauvage qui existerait au nord de l'Indénié. Enfin M. Lemblain dit avoir consommé un café du pays trouvé dans la forêt, mais comme plante productrice de ce café, les miliciens de ce dernier nous ont montré tantôt un *Ixora*, tantôt le *Pavetta Baconia* Hiern.

ZOOLOGIE. — *Sur l'incubation buccale chez l'*Arius fissus *C. V.* Note de M. **Jacques Pellegrin**, présentée par M. Edmond Perrier.

On constate parfois chez certains Poissons téléostéens exotiques un mode des plus curieux et des plus efficaces de protection des œufs et des jeunes, c'est l'incubation buccale. Après la ponte et la fécondation les œufs sont placés tantôt par le mâle, tantôt par la femelle, dans leur propre bouche et se trouvent là dans d'excellentes conditions de développement. Ils y séjournent un temps plus ou moins long, mais le plus souvent, les soins ne s'arrêtent pas à l'éclosion et les alevins restent dans leur asile jusqu'à un âge assez avancé.

L'incubation buccale paraît surtout fréquente chez les Poissons de la famille des Cichlidés [1], elle est également fort répandue chez les Siluridés, particulièrement chez les *Arius*.

---

[1] Dans les genres africains de cette famille, c'est la femelle qui se charge du soin des œufs. Cf. J. Pellegrin, *Mém. Soc. Zool. Fr.*, t. XVI, 1903, p. 112.

Les *Arius* forment un vaste genre, aujourd'hui démembré par nombre d'auteurs, ne comprenant guère moins d'une centaine d'espèces dont quelques-unes atteignent une taille assez considérable, 1$^{m}$ et plus. Ces Poissons habitent les côtes, les estuaires et remontent parfois plus ou moins les eaux douces des régions tropicales; ils sont surtout nombreux dans le sud de l'Asie et dans l'Amérique du Sud.

On a signalé chez eux, à diverses reprises, l'incubation buccale. Dès 1857, J. Wyman l'a constatée chez des espèces de la Guyane; plus tard, Hensel et von Ihering, sur d'autres du sud du Brésil. C'est le mâle, en règle générale, qui se charge des œufs, remarquables par leur volume considérable, mais d'après von Ihering chez l'*Arius Commersoni* Lacépède, la femelle s'en occupe parfois.

Günther [1] a mentionné la présence d'une vingtaine d'œufs dans la bouche de deux exemplaires mâles de l'*Arius fissus* Cuvier et Valenciennes, mesurant de 6 à 7 pouces de long, mais sans s'étendre autrement sur ce fait intéressant.

Grâce aux riches matériaux ichtyologiques rapportés par M. F. Geay, au Muséum de Paris, de ses divers voyages à la Guyane française, j'ai pu examiner une belle série comprenant une dizaine d'individus de cette dernière espèce, en période de reproduction, ce qui m'a permis de contrôler et compléter sur quelques points les observations antérieures.

Une femelle adulte de 208$^{mm}$ de longueur présente deux ovaires volumineux sensiblement égaux, d'une longueur de 50$^{mm}$. Ceux-ci contiennent des ovules à 3 stades de développement bien nets : les premiers correspondant au stade le plus jeune, extrêmement nombreux, sphériques, n'ont qu'un quart de millimètre de diamètre environ; les seconds ou moyens, ovoïdes, mesurent 1$^{mm}$,5 sur 1$^{mm}$ à 1$^{mm}$,25; les derniers, à maturité, ont un diamètre de 6$^{mm}$ à 7$^{mm}$ et sont au nombre d'une vingtaine dans chaque ovaire. La bouche est vide, l'estomac et l'intestin contiennent des débris de digestion.

Une femelle de 190$^{mm}$ a les ovaires relativement moins volumineux, mesurant seulement 35$^{mm}$ de longueur. Ils contiennent également des ovules à 3 stades mais de dimensions légèrement inférieures à celles du spécimen précédent. Une douzaine par ovaire sont arrivés au dernier stade; leur diamètre est de 4$^{mm}$ à 5$^{mm}$. La bouche est vide, l'estomac contient un petit Percoïde à demi digéré et l'intestin est rempli de débris alimentaires.

Un mâle de 165$^{mm}$ a la bouche énormément distendue par une couvée complète comprenant 17 œufs volumineux, peu avancés, d'un diamètre de 7$^{mm}$ à 9$^{mm}$.

Un second mâle de 126$^{mm}$ a dans la bouche une couvée également complète de 22 œufs embryonnés, d'un diamètre de 5$^{mm}$ à 7$^{mm}$.

Un troisième mâle de 134$^{mm}$ a la bouche presque entièrement remplie par 10 œufs à embryon déjà bien développé, d'un diamètre de 8$^{mm}$ à 9$^{mm}$ (un ou deux œufs ont, peut-être, été perdus).

Un quatrième mâle de 176$^{mm}$ a dans la gueule deux alevins de 26$^{mm}$ et de 27$^{mm}$ de longueur, à vésicule ombilicale volumineuse, qui ne représentent certainement qu'une

---

(1) A. Gunther, *Cat. Fishes British Museum*, t. V, 1864, p. 173.

partie de la couvée, le reste ayant dû s'échapper au moment de la capture et de l'agonie du Poisson.

Un cinquième mâle de $174^{mm}$ abrite dans sa gueule 6 alevins de $33^{mm}$ à $35^{mm}$ de long, à vésicule ombilicale presque entièrement résorbée.

Tous les sujets porteurs d'œufs ou de jeunes dans la gueule sont des mâles à testicules très réduits, en non activité. Tous ont l'estomac et l'intestin complètement vides ou ne contenant que quelques mucosités et un peu de vase.

Ces observations permettent de formuler les conclusions suivantes, en ce qui concerne l'*Arius fissus* Cuvier et Valenciennes de la Guyane française :

1° Chez la femelle, les ovules présentent trois stades de développement bien tranchés ([1]). Le nombre d'œufs mûrs dans chaque ovaire paraît être d'une vingtaine à la fois;

2° C'est le mâle qui se charge du soin des œufs et des jeunes;

3° Le nombre des œufs couvés doit généralement être compris entre une dizaine et une vingtaine;

4° Les soins pour les jeunes se poursuivent après l'éclosion, jusqu'à la résorption de la vésicule ([2]);

5° Le développement de tous les œufs ou alevins d'une même couvée, soumis à des conditions de milieux identiques, est sensiblement égal et parallèle;

6° Pendant toute la durée de l'incubation, le mâle est condamné à un jeûne absolu.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur le* Coccus anomalus *et la maladie du* bleu *des vins de Champagne.* Note ([3]) de M. E. **Manceau**, transmise par M. Troost.

Dans une Note présentée le 1er juillet 1907, MM. Mazé et Pacottet, signalant l'existence d'un *Coccus* dans des vins mousseux de Champagne légèrement troubles ou *bleus,* ont donné, sur les causes du *bleu,* des appréciations si formelles que je dois faire connaître les conclusions qui découlent de

---

([1]) Ce fait est en accord avec les observations de Wyman. *Cf.* J. Wyman, *Am. Jour. Science and Arts,* 2e série, t. XXVII, mai 1859, p. 5.

([2]) Il en est de même chez l'*Arius Herzbergi* Bloch, ainsi que j'ai pu le constater sur trois exemplaires également rapportés par M. F. Geay, de la Guyane française.

([3]) Reçue dans la séance du 22 juillet 1907.

recherches entreprises pendant quinze ans sur un grand nombre de vins mousseux de cette sorte.

MM. Mazé et Pacottet affirment que le *bleu* est toujours dû à un microbe, qu'ils ont appelé *Coccus anomalus*, et n'ont pas observé un seul cas de bleu dû au ferment de la graisse.

Dans une Note du 19 mars 1906 sur les ferments de la graisse isolés par M. Kayser et par moi, nous écrivions : « Le mode de développement lent est extrêmement fréquent dans les vins mousseux de Champagne (¹) ». Ce développement est souvent restreint au dépôt formé dans toute la masse du vin, si le milieu et les autres conditions d'existence sont très favorables, et aussi lorsque ces ferments gras sont associés à divers microbes aérobies. La graisse peut donc être une cause du *bleu*.

Mais ce n'est là qu'un cas particulier et l'examen de nombreux vins *bleus* me permet les conclusions suivantes :

Il n'y a pas *une* maladie du bleu, mais une série d'accidents imputables à diverses causes. Tantôt le bleu est dû simplement à un précipité chimique provoqué par le froid, par le remplissage de la bouteille avec un vin d'un titre alcool trop élevé, etc.; tantôt le bleu est microbien et, dans ce cas, plusieurs microbes interviennent parfois simultanément.

C'est ainsi qu'on peut rencontrer les ferments de la graisse quelquefois purs et le plus souvent associés à des levures ou à des germes aérobies. En étudiant avec M. Kayser (²) le développement de nos ferments de la graisse dans des vins de Champagne non mousseux, nous avions obtenu des vins *bleus*. J'ai réalisé la même expérience dans des vins mousseux de Champagne.

Jusqu'à ce jour, j'ai isolé des vins bleus quatre aérobies comprenant deux *coccus*, un bacille et une sarcine. Tous ces aérobies attaquent le glucose ou la lévulose, comme les ferments anaérobies de la graisse. Il existe donc au moins cinq microbes du bleu et le nombre en est probablement plus élevé.

Ces germes des vins *bleus* de Champagne se rencontrent dans un grand nombre de vins puisque nous les avons encore isolés, M. Kayser et moi, de vins gras provenant de diverses régions.

Ainsi, l'accident connu sous le nom de *bleu* des vins de Champagne a pour causes tantôt un précipité chimique et tantôt des microbes. Les deux causes peuvent intervenir simultanément.

---

(¹) KAYSER et MANCEAU, *Sur la maladie de la graisse des vins* (*Comptes rendus*, 19 mars 1906).

(²) KAYSER et MANCEAU, *Sur la graisse des vins* (*Comptes rendus*, 23 juillet 1906).

Le bleu microbien n'est pas dû à un seul microbe mais à plusieurs microbes qui sont souvent associés.

PHYSIOLOGIE. — *Action pharmacodynamique de la* Kolatine. Note de MM. **J. Chevalier** et **A. Goris**, présentée par M. Guignard.

L'un de nous a récemment isolé de la noix de kola fraîche la *kolatine* (1), composé phénolique cristallisé, intimement lié dans cette drogue à la caféine et formant avec elle une combinaison lâche, soluble dans l'eau, disparaissant lors de la dessiccation des graines et jouant un rôle important dans la production du produit complexe appelé *rouge de kola*.

Il était particulièrement intéressant d'examiner les propriétés pharmacodynamiques de ce corps et de rechercher s'il était susceptible de jouer un rôle dans la production des effets toniques si remarquables obtenus avec la noix de kola fraîche.

On a depuis longtemps insisté sur la différence d'activité des préparations de noix sèches et celles de la noix fraîche. Dans le premier cas, la caféine seule agit; dans le second, les effets obtenus sont notablement supérieurs à ceux que pourrait déterminer la quantité de caféine ingérée; de plus, ils en diffèrent par une modalité particulière non encore élucidée.

La kolatine est un corps peu toxique, et elle peut être injectée par voie intra-veineuse, à la dose de $1^g$ par kilogramme d'animal, sans déterminer d'accidents graves.

Contrairement à la caféine, son action est nulle sur la contractilité musculaire, et la courbe de contraction n'est modifiée ni dans sa forme, ni dans sa grandeur, sous l'influence de doses mêmes fortes, susceptibles de déterminer tardivement la mort de l'animal (injection de $0^g,02$ à une grenouille de $20^g$).

Son action sur le système nerveux central ne se traduit pas par des phénomènes réactionnels bien marqués, et l'on note seulement une période d'hyperexcitabilité assez prolongée se manifestant, avec de fortes doses, par des mouvements toniques légers plus ou moins généralisés et coïncidant avec une respiration précipitée, spasmodique, diaphragmatique. L'expiration est surtout difficile et s'accompagne parfois de tremblements. Au bout d'un

(1) Goris, *Sur un nouveau principe cristallin de la kola fraîche* (*Comptes rendus*, t. CXLIV, 27 mai 1907, p. 1162).

certain temps et avec des doses toxiques, à cette période d'hyperexcitabilité succède une période de dépression, puis des phénomènes paralytiques.

Chez les animaux à sang froid (grenouille), l'injection de la kolatine dans les sacs lymphatiques dorsaux ($0^g,01$ pour un animal de $15^g$) détermine rapidement une augmentation de l'énergie systolique et une légère accélération des mouvements cardiaques; puis, au bout de peu de temps, l'énergie des contractions cardiaques augmente encore, mais leur nombre diminue, la diastole se faisant d'ailleurs plus lente. Ultérieurement surviennent des pauses diastoliques de plus en plus prolongées et le cœur finit par s'arrêter sans avoir présenté d'irrégularités de rythme, la systole s'effectuant avec une énergie considérable jusqu'à la fin.

Le cœur s'arrête en diastole, il est encore excitable, comme du reste les autres muscles, mais, par contre, les nerfs sont complètement paralysés et ne répondent plus aux excitations électriques.

Chez les animaux à sang chaud, l'injection intraveineuse de la kolatine détermine un léger ralentissement des contractions cardiaques, une augmentation de leur énergie et une légère augmentation de la pression sanguine. Ces divers phénomènes persistent plus ou moins longtemps suivant la dose injectée et, sous l'influence de doses fortes ($0^g,60$ à $0^g,70$ par kilogramme d'animal), on voit se produire une chute progressive de la pression sanguine; les ralentissements des contractions cardiaques s'accentuent encore à cette période, mais l'énergie cardiaque reste encore supérieure à la normale.

Cette étude préliminaire était indispensable avant d'aborder celle de la combinaison kolatine-caféine qui existe dans la noix de kola fraîche. Il est important de remarquer, dès à présent, l'espèce d'antagonisme partiel qui existe entre l'action de la caféine et celle de la kolatine, aussi bien sur les muscles que sur le système nerveux central, antagonisme probablement susceptible d'empêcher l'action contracturante des doses fortes de caféine sur les muscles et, en particulier, sur le myocarde, qui constitue l'une des principales contre-indications de son emploi en thérapeutique.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *De quelques expériences ophtalmologiques faites à l'aide de la lumière des vapeurs de mercure.* Note de M. **P. Fortin**, présentée par M. A. Dastre.

La lumière des vapeurs de mercure *jouit de propriétés spéciales,* permettant à l'œil d'observer sur lui certains détails de sa structure, détails

qui jusqu'à maintenant n'étaient que fort peu visibles, même pour des observateurs exercés. C'est ainsi qu'avec cette lumière l'on peut très distinctement étudier sur soi la région maculaire, la circulation du sang dans les capillaires et certains phénomènes tels que les houppes de Haidinger.

L'expérience comporte le dispositif suivant :

La lumière provenant de trois tubes à mercure Cooper Hewitt, fonctionnant sur le courant alternatif, à l'aide du transformateur de Faria, traverse deux épaisseurs de verre bleu et est recueillie sur le champ d'une large lentille encerclée dans un cadre opaque. L'œil de l'observateur se place près de la lentille de telle sorte que tout le champ de celle-ci lui paraisse illuminé uniformément et c'est sur ce champ, devenu une plage bleue bien unie, que l'œil va projeter dans des conditions déterminées certains détails de sa structure la plus intime [1].

1° *Examen de la macula.* — Devant l'œil et tout près de lui, on agite d'un léger tremblotement un petit écran percé d'un trou d'épingle. Immédiatement, dès que l'œil regarde au travers du trou d'épingle vers le champ de la lentille, il aperçoit projeté sur celle-ci, *absolument comme elle le serait sur le champ d'un microscope, la structure fine de la fovéa et celle des capillaires de la région maculaire. Le tout prend l'aspect d'une délicate préparation histologique colorée en bleu de méthylène.*

Le réseau capillaire ressemble à une toile d'araignée et se dessine en bleu foncé presque noir sur fond bleu clair. Peu à peu, par suite de l'adaptation de l'œil à la lumière bleue, il tranche beaucoup moins en s'effaçant de plus en plus. Le procédé en effet est basé sur ce fait que la macula se fatigue moins de la lumière bleue dans les parties où elle se trouve défendue contre cette lumière par la trame opaque des capillaires.

Au centre de cette toile d'araignée on distingue une petite tache plus foncée, la fovéa. Elle se compose d'une multitude de petits cercles correspondant très probablement aux cônes visuels. Ceux-ci sont très régulièrement disposés, non cependant comme le sont les calices d'une fleur de dahlia, disposition qu'exigeaient certaines hypothèses. Un fait intéressant à signaler, dans le cas où chacun de ces petits cercles correspondrait bien à un cône visuel, c'est que nous arriverions à discerner la structure d'un cône en le voyant entouré d'une gaine circulaire bleu foncé. Nuël, dans une étude très bien faite de cette question, avait émis l'hypothèse (*Archives de Biologie,* 1883) que le cône ne saurait être l'unité élémentaire de notre perception visuelle. « Les unités élémentaires doivent être beaucoup plus petites, puisque ce n'est qu'au moyen d'éléments plus petits que l'on arrive à analyser un élément donné. » Cette remarque,

---

[1] Pour la transformation du courant alternatif en courant continu j'ai eu recours aux conseils de M. Ducretet.

à mon avis, s'appliquerait non seulement au sens des formes, mais aussi au sens chromatique, du moins pour le bleu. Il faudrait donc admettre que, dans chacun de ses diamètres, le cône contiendrait de 10 à 20 fibres éléments. *La fibre unité de notre rétine ne mesurerait donc plus 2$^{\mu}$, mais moins d'un dixième de micron.* « Si, dans la vision habituelle, d'après Nuël, les conditions dioptriques sont telles que l'image d'un point lumineux occupe toujours l'aire de tout un cône, il ne faut pas en conclure que le cône est l'unité photo-sensible de la rétine. »

La méthode de vision entoptique de la macula constitue bien un procédé d'examen. Elle peut rendre des services dans l'étude des amblyopies ([1]) et permettre de discerner de très petites lésions rétiniennes de 20$^{\mu}$ à 30$^{\mu}$ d'étendue ([2]).

2° *Examen de la circulation rétinienne.* — Le phénomène apparaît quand l'œil regarde un ciel bleu. Il fut étudié de la sorte par Purkinje, Vierordt, Reuben, O.-N. Rood, Helmholtz. Il est toutefois beaucoup plus apparent avec les tubes à vapeur de mercure ([3]). Pour l'observer on procède comme précédemment, mais sans l'intermédiaire de l'écran percé du trou d'épingle. Le champ visuel semble en ébullition. De tous côtés surgissent de fins tubes coudés très lumineux et toujours aux mêmes places. Ce sont les capillaires qui se distendent sous les secousses cardiaques. Dans leur calibre sont entraînés avec une extrême rapidité de petits disques noirs qui sont les globules rouges du sang. Avant d'avoir vu l'expérience on se fait difficilement une idée du travail qui s'accomplit ainsi dans notre rétine.

3° *Examen des houppes de Haidinger.* — Toujours en restant dans les conditions ci-dessus on observe très facilement un phénomène que sans cela l'on ne découvre pas toujours de suite. Ce phénomène a été décrit pour la première fois par Haidinger. Quand devant le dispositif indiqué précédemment on regarde la lentille au travers d'un prisme de Nicol on distingue fort bien les deux petites houppes qui portent son nom. (La rotation du nicol autour de son axe doit être ininterrompue.)

*Daltonisme expérimental.* — Les lampes à vapeurs de mercure nous permettent de plus de nous faire une idée de ce que peut être la vision de certains daltonistes, des aveugles pour le rouge. En effet, dans une chambre

---

([1]) Scrini et Fortin.

([2]) Fortin, *De la méthode entoptique comme méthode de diagnostic* (*Arch. d'Ophtal.*, juin 1907).

([3]) Fortin, *Société de Biologie*, 2 mars 1907.

éclairée par leur seule lumière, comme aucune radiation rouge n'est émise, les objets ne réfléchissent vers nos yeux aucun rayon rouge. Nous nous trouvons dès lors posséder la vision que nous aurions si nous étions privés de la perception de cette catégorie de rayons. Nous ressemblons quelque peu à certains daltonistes, aveugles pour le rouge, et nous avons là une méthode expérimentale nous permettant de comprendre la peinture des artistes affectés de cette infirmité. Si certaines personnes se trouvant pour la première fois en présence de cette lumière ne la jugent pas très étrange, c'est précisément qu'elles sont des daltonistes aveugles pour le rouge.

GÉOLOGIE. — *Sur la découverte de la formation sulfo-gypseuse (formazione gessoso-solfifera) dans le bassin de la Seybouse.* Note de **M. J. Dareste de la Chavanne.**

La vallée de la Seybouse s'élargit auprès de Guelma en un bassin tertiaire dirigé est-ouest et limité au nord par le massif éocène supérieur du Djebel Aouara et par l'affleurement crétacé de Gueloat bou Sba, à l'ouest et au sud par les massifs d'éocène supérieur qui forment les contreforts de la Mahouna, à l'est par un massif triasique assez important situé en aval de la station du Nador.

Le bassin elliptique ainsi défini a son grand axe long d'environ $25^{km}$. Sa largeur moyenne est de $7^{km}$ à $8^{km}$.

Le fond de la cuvette paraît formé sur presque toute son étendue par un synclinal raviné d'argiles et grès de l'éocène supérieur, dont les bancs, subhorizontaux sur le flanc nord, ont un plongement assez prononcé vers le nord dans le flanc sud.

Les couches tertiaires qui remblaient le bassin sont assez complexes. Aux environs de Guelma on observe, reposant sur les argiles et grès fortement ravinés de l'éocène supérieur, une formation assez épaisse de marnes à gypse et à soufre, qui affleure en particulier sur le flanc des coteaux bordant la Seybouse.

Ce facies lagunaire marno-gypseux est localisé dans la partie ouest du bassin, entre le Djebel Arara et le village de Petit. Partout, les couches plongent assez fortement vers le Nord.

La base de la formation n'étant pas toujours visible, il est difficile de se faire une idée complète du substratum. Toutefois, à $3^{km}$ à l'ouest de la ville de Guelma, on voit les marnes à gypse reposer en discordance sur les argiles et grès ravinés de l'éocène

supérieur. D'autre part, en ce même point, ces marnes à gypse sont surmontées de travertins calcaires qui se rattachent à la grande nappe de calcaires travertineux sur lesquels est construite la ville de Guelma et dont l'âge pliocène n'est pas douteux. On y recueille en effet en grande abondance l'*Helix* (*Leucochroa*) *sub-semperi* Thomas et des fragments d'os d'*Hipparion*.

En d'autres points et particulièrement au nord de la Seybouse, ces marnes à gypse sont surmontées en discordance, tantôt par des cailloux roulés alluvionnaires, parfois consolidés en poudingues avec intercalation de bancs de travertins marneux ou marno-calcaires, tantôt par des terrasses d'alluvions se rattachant aux niveaux élevés des dépôts fluviatiles de la vallée de la Seybouse.

Enfin, non loin du village d'Oued Touta, sur les berges de la Seybouse, ces marnes à gypse sont recouvertes par des marnes blanchâtres lacustres renfermant une faune nombreuse et nouvelle de Limnées, de Bithynies, de Planorbes et d'Ancyles d'âge pliocène.

Comme on le voit, l'âge de cette formation sulfo-gypseuse ne peut pas être nettement déterminé par ses relations stratigraphiques. On peut seulement affirmer qu'elle est postérieure à l'éocène supérieur et antérieure au pliocène. Mais la découverte de fossiles est venue récemment préciser cet âge.

L'affleurement le plus important de ces marnes gypseuses se trouve non loin du village d'Héliopolis, sur le flanc des coteaux dominant la rive gauche de la Seybouse. Il y a trois ou quatre ans, ces couches avaient été signalées par M. Tournier, conducteur des Ponts et Chaussées, comme renfermant en ce point des bancs de soufre, et l'an dernier, une galerie d'exploitation creusée dans cette formation vint y confirmer la présence d'un gîte de soufre assez important.

Grâce aux indications précieuses que M. Rousselet, pharmacien à Guelma, m'a fournies sur ce gisement, j'ai pu y recueillir de nombreux fossiles.

La formation se présente, en cet endroit, sous forme de plaquettes marno-calcaires feuilletées avec traces de soufre, alternant avec des lamelles de gypse. Vers le sommet, le gypse apparaît en masses plus irrégulières dans un calcaire gris, parfois un peu marneux. Intercalée dans cette masse se montre une zone de marnes bleues feuilletées assez argileuses et devenant grises au contact de l'air. Ces dernières contiennent plusieurs bancs de soufre dont l'exploitation est commencée. Ces bancs sont au nombre de cinq. Ils ont une épaisseur moyenne de $0^{m},20$ à $0^{m},25$ et sont séparés par des lits marneux de $0^{m},75$ chacun environ.

C'est dans ces lits marneux que l'on recueille des empreintes de feuilles, de fruits de Conifères et surtout de squelettes de Poissons.

M. le D^r^ Sauvage a bien voulu étudier cette faune ichtyologique qu'il se propose de décrire. Ce savant spécialiste rapporte tous ces Poissons à un genre nouveau de la famille des Chromidés, qui habitent actuellement les

eaux des régions tropicales de l'Afrique, et il les considère, en raison de l'étroite ressemblance avec les types actuels, comme ne pouvant appartenir à un niveau plus ancien que le miocène tout à fait supérieur ou même le pliocène inférieur.

M. Laurent, le savant paléobotaniste du Muséum de Marseille, a déterminé deux types parmi les plantes fossiles de ce gisement :

1° Un cône de Conifère voisin de *Thuya Saviniana* Heer du miocène supérieur d'Œningen ;

2° Des feuilles pouvant être attribuées à un Châtaignier ou à un Chêne castanéiforme, type d'une grande longévité géologique.

Malgré l'incertitude de ces premières données, M. Laurent penche pour un niveau plutôt élevé de la série tertiaire.

En résumé, la formation sulfo-gypseuse du bassin de Guelma peut être considérée comme l'équivalent de la formation sulfo-gypseuse (*formazione gessoso-solfifera*) de Licata (Sicile), avec laquelle elle présente une analogie presque complète au point de vue du facies. C'est la première fois que ce facies sulfo-gypseux est observé dans le nord de l'Afrique.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur des Poissons de la famille des Cichlidés trouvés dans le terrain tertiaire de Guelma.* Note de M. **H.-E. Sauvage.**

Les Poissons qui rentrent dans la famille des Cichlidés, dont le maximum de développement, à l'époque actuelle, se trouve dans la zone équatoriale des régions néo-tropicale et éthiopienne, sont à peine connus dans la série des formations.

Cope, en 1877, a établi un genre *Priscara* pour des Cichlidés de l'éocène de l'Utah et du Wyoming; Smith Woodward, en 1898, a rapporté au genre actuel *Acara* des Poissons des lignites tertiaires de la province de Sao Paulo, au Brésil.

Tels sont les seuls documents que nous ayons sur les Cichlidés fossiles; aussi la découverte, faite par MM. Rousselet et Dareste de la Chavanne, de Poissons appartenant à cette famille, dans les couches tertiaires avec gypse et soufre de Guelma, présente-t-elle un intérêt d'autant plus grand que ces Cichlidés sont très voisins des *Hemichromis*, ainsi que l'a reconnu M. J. Pellegrin. Ce genre *Hemichromis*, qui comprend deux espèces de l'Afrique septentrionale et occidentale, est à rapprocher des *Acara* de l'Amérique du Sud; or, ce dernier genre représente, d'après J. Pellegrin, un terme fort peu évolué de la famille.

Il en est de même pour les Cichlidés du Tertiaire du Tell algérien qui se rapportent à un genre nouveau, *Palæochromis*, caractérisé par la présence au maxillaire d'une rangée de dents coniques, plus grandes que celles des deux autres rangées. Les écailles sont cycloïdes. La dorsale épineuse, beaucoup plus grande que la dorsale molle, se compose de 11-12 fortes épines; on voit 3 fortes épines à l'anale; la nageoire caudale est sub-arrondie; on compte 25-26 vertèbres, dont 12-14 abdominales. Deux espèces ont été recueillies à Guelma, *P. Daresti*, n. sp., au corps élevé, *P. Rousseleti*, n. sp., dont le corps est plus allongé, les rayons mous de l'anale moins nombreux.

Les *Palæochromis* relient les *Acara* américains aux *Hemichromis* africains.

M. **A. Pellet** adresse une Note intitulée : *Extension du théorème de Rolle*.

M. **G.-D. Hinrichs** adresse une Note *Sur les équations dominant le calcul des poids atomiques*.

(Renvoi à la Section de Chimie.)

La séance est levée à 4 heures un quart.

G. D.

---

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

### Ouvrages reçus dans la séance du 1er juillet 1907.

(Suite.)

*Observation de l'éclipse de Soleil du 14 janvier 1907. Variations corrélatives des phénomènes météorologiques à l'Observatoire de Phu-Liên (Tonkin)*, par M. G. Le Cadet, Directeur. Hanoï, 1907; 1 fasc. in-8°.

*Carte pluviométrique de l'Indo-Chine pour l'année 1906*, dressée par G. Le Cadet. 1 feuille in-f° pliée.

Ministère de l'Intérieur. Direction de l'Assistance et de l'Hygiène publiques. *Rapport sur la défense sanitaire du golfe Persique*, par M. Paul Faivre. Melun, Imprimerie administrative, 1906; 1 fasc. in-8°.

*Un débat scientifique. Pouchet et Pasteur :* 1858-1868, par GEORGES PENNETIER. Rouen, J. Girieud, 1907; 1 fasc. in-8°.

*Histolyse, sans phagocytose, des muscles vibrateurs du vol, chez les reines des Fourmis,* par CHARLES JANET. (Extr. des *Comptes rendus*, t. CXLIV, 18 février 1907, p. 393.) Paris; 1 fasc. in-4°.

M. E. LEBON adresse cinq Opuscules sur diverses questions relatives aux Sciences mathématiques. 5 fasc. in-8°.

### OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 8 JUILLET 1907.

Institut de France. Académie des Sciences. *Instructions pour l'Expédition antarctique organisée par le Dr* JEAN CHARCOT. Paris, Gauthier-Villars, 1907; 1 fasc. in-12.

*Mélanges scientifiques et littéraires,* par LOUIS PASSY, Membre de l'Institut; 4e et 5e séries. Paris, Guillaumin; Masson et Cie, 1904; 2 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

*Dérivation des sources du Loing et du Lunain, profil géologique de l'aqueduc,* dressé par G. RAMOND, d'après ses recherches personnelles et les documents communiqués par le Service des Eaux de la Ville de Paris. Publié par la Préfecture de la Seine; novembre 1906; 1 fasc. in-4°.

*Bulletin météorologique annuel du département des Pyrénées-Orientales;* Bulletin n° 34, année 1905. Perpignan; 1 fasc. in-4°.

*Annales de la Société académique de Nantes et du département de la Loire-Inférieure;* 8e série, t. VII, année 1906. Nantes, 1907; 1 vol. in-8°.

*Plan de la seconde Expédition antarctique belge,* par HENRYK ARCTOWSKI. Bruxelles, Vanderauwera et Cie, 1907; 1 fasc. in-8°.

*Programme scientifique de la seconde Expédition antarctique belge,* par HENRYK ARCTOWSKI. Bruxelles, Vve Ferdinand Larcier, 1907; 1 fasc. in-8°.

*Superficie de la Russie d'Asie avec les bassins des océans, des mers, des rivières et des lacs, ainsi que les superficies des divisions administratives sous le règne de l'Empereur Nicolas II,* par A. DE TILLO, Correspondant de l'Académie des Sciences. Annexe : *Carte des bassins de la Russie d'Asie;* et un *Résumé* en français. Saint-Pétersbourg, Imprimerie de l'Académie impériale des Sciences, 1905; 1 vol. et 1 fasc. in-f° et une feuille in-plano pliée.

*Notes analytiques sur les collections ethnographiques du Musée du Congo,* publiées par la Direction du Musée. Tome II : *Les industries indigènes;* fasc. 1 : *La Céramique;* pages 1 à 194, planches I à XXI. Bruxelles, 1907; 1 fasc. in-f°.

*Magnetische und meteorologische Beobachtungen an der k. k. Sternwarte zu Prag im Jahre* 1906; 67. Jahrgang. Prague, 1907; 1 fasc. in-4°.

*Observations météorologiques suédoises,* publiées par l'Académie royale des Sciences de Suède, exécutées et rédigées sous la direction de l'Institut central météorologique; t. XLVIII, 1906. Stockholm et Upsal; 1 vol. in-4°.

*Kungliga svenska Vetenskapsakademiens Handlingar;* Bd. XLI, n° 4; Bd. XLII, nos 2-4. Stockholm et Upsal, 1907; 4 fasc. in-4°.

*Records of the geological Survey of India;* t. XXXV, part 1, 1907. Calcutta; 1 fasc. in-8°.

*Memoirs of the Department of Agriculture in India;* t. II, n° 1 : *Some diseases of cereals caused by « Sclerospora graminicola »*, by E.-J. Butler. Calcutta, 1907; 1 fasc. in-8°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 16 JUILLET 1907.

*Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences,* par MM. les Secrétaires perpétuels; t. CXLIII, juillet-décembre 1906. Paris, Gauthier-Villars; 1 vol. in-4°.

*Rapport sur une Mission scientifique dans les jardins et établissements zoologiques publics et privés du Royaume-Uni, de la Belgique et des Pays-Bas,* par M. Gustave Loisel. (Extr. des *Nouvelles Archives des Missions scientifiques,* t. XIV.) Paris, Imprimerie nationale, 1907; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Giard. Hommage de l'auteur.)

*L'Année biologique.* Comptes rendus annuels des travaux de Biologie générale, publiés sous la direction de M. Yves Delage, Membre de l'Institut; neuvième année, 1904. Paris, H. Le Soudier, 1907; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Yves Delage.)

*Come si possa giustificare l'uso della media aritmetica nel calcolo dei risultati d'osservazione,* Nota del M. E. prof. Giovanni Schiaparelli. (Extr. des *Rendiconti del R. Ist. Lomb. di Sc. e Lett.,* serie II, t. XL, 1907.) 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

*La via delle vene aperta ai medicamenti eroici,* per Guido Baccelli. Rome, 1907; 1 fasc. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

*Icones mycologicæ,* par Boudier; 3e série, livraison 14. Paris, Paul Klincksieck, 1907; 1 fasc. in-4°.

*Mémoires de l'Académie des Sciences, Inscriptions et Belles-Lettres de Toulouse;* 10e série, t. VI. Toulouse, 1906; 1 vol. in-8°.

*Rapporte annuale dello I. R. Osservatorio marittimo di Trieste, contenente le osservazioni meteorologiche di Trieste e di alcune altre stazioni adriatiche, per l'anno* 1903, sedato da Edoardo Mazelle; t. XX. Trieste, 1907; 1 fasc. in-4°.

*Koninklijk nederlandsch meteorologisch Institut;* n° 98. *Annuaire,* 57e année, 1905; B. *Magnétisme terrestre.* Utrecht, Kemink et fils, 1907; 1 fasc. in-4°.

*Report of the Commissioner of fisheries for the fiscal year* 1905, *and special papers.* Washington, Government printing Office, s. d.; 1 vol. in-8°.

*Proceedings of the american Academy of Arts and Sciences;* t. XLIII, nos 1-3, june 1907. Boston, Massachusetts, 3 fasc. in-8°.

*The Institution of mechanical Engineers : Proceedings,* 1906, parts 3-4. Londres. 1 vol. in-8°.

*Memorias de la Real Sociedad espanola de Historia natural.* Tomo V : *Homenaje á Linneo en el segundo centenario de su nacimento* 1707-1778. Memoria Ia : *Notas micológicas, colección de dados referentes á los hongos de España;* segunda serie, por Blas Lázaro é Ibiza. Madrid, 1907; 1 vol. in-8°.

*Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie;* t. XXI. *Procès-verbaux,* janvier-mars 1907. *Mémoires;* fasc. 1. Bruxelles, 1907; 2 fasc. in-8°.

*Bollettino tecnico della coltivazione dei tabacchi,* pubblicato per cura del R. Istituto sperimentale in Scafati (Salerno); anno VI, gennaio-aprile 1907, nos 1-2. Scafati, 1907; 1 fasc. in-4°.

*Bulletin de la Société des Sciences de Bucarest, Roumanie;* 16e année, janvier-avril 1907, nos 1 et 2. Bucarest; 1 fasc. in-8°.

*Revue de l'Internationalisme,* sous la direction du Bureau de la Fondation pour l'Internationalisme, à La Haye. 1re année, 2e livraison, juin 1907. Paraît tous les deux mois en 4 éditions (hollandaise, allemande, anglaise et française), chez Maas et Van Suchtelen, Amsterdam et Leipsig; 1 fasc. in-8°.

---

## *ERRATA.*

(Tome CXLIV, Séance du 21 mai 1907.)

Note de M. *Barré,* Sur les surfaces engendrées par une hélice circulaire :

Page 1098, ligne 5 en remontant, *lisez* $\frac{d\rho}{ds} = \pm\left[\frac{\rho^2 - \tau^2}{\tau^2}\right]$.

(Tome CXLV, Séance du 16 juillet 1907.)

Note de M. *Barré,* Sur les surfaces engendrées par une hélice circulaire :

Page 162, équation (8), *lisez* $u'(\rho^2 + K_0^2) + \rho u(u' - 1) = 0$.

Même page, dernière ligne, *supprimez* le mot *singulières.*